

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Využívání bioplynu pro ostrovní provoz obchodního centra
Biogas for Heat and Electricity of the Shopping Center

Student: Bc. Michal Špaček
Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Dagmara Juchelková PhD.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Bc. Michal Špaček**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3907R009 Provoz energetických zařízení
Téma: **Využívání bioplynu pro ostrovní provoz obchodního centra**
Biogas for Heat and Electricity of the Shopping Center

Zásady pro vypracování:

Vypracujte studii využití bioplynu pro vytápění a zásobování elektrickou energií obchodního centra.

Práce bude obsahovat:

1. Popis vzniku bioplynu a podmínky provozování bioplynové stanice
2. Kvalitativní požadavky na čištění bioplynu
3. Podmínky ostrovního provozu bioplynové stanice
4. Provozní spolupráce s obchodním centrem, včetně ekonomické rozvahy

Seznam doporučené odborné literatury:

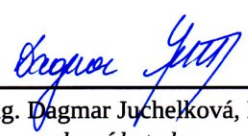
ČERNÝ, V., JANEBA, B., TEYSSLER, J. *Parní kotle*. 1 vyd. Praha: SNTL, 1983. 864 s.
BLAHOŽ, V., KADLEC, Z. *Základy sdílení tepla*. 2.vyd. Ostrava: Cicero, 2000. 110 s.
ISBN 80-902001-1-7.
KRBEK J., POLESNÝ B. *Kogenerační jednotky malého výkonu v komunálních a průmyslových tepelných zdrojích*. Skripta VUT Brno, 1997.
www.fs.vsb.cz/euprojekty/414
DLOUHÝ, T. *Výpočty kotlů a spalinových výměníků*. Skripta ČVUT Praha, 1999. ISBN 80-0102035-5.
IBLER, Z. a kol. *Technický průvodce energetika*. Praha: BEN – technická literatura, 2002.
VORÁČEK V. a kol. *Energetické stroje*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 1990.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013


prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě : 20.5.2013



.....
Michal Špaček

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo –bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 20.5.2013



.....
Michal Špaček

Jméno a příjmení autora práce: Michal Špaček

Adresa trvalého pobytu autora práce: Lesnice 160, Zábřeh 789 01

Poděkování

Touto formou bych chtěl poděkovat paní Prof. Ing. Dagmarě Juchelkové PhD., a Ing. Liboru Valovému za cenné rady, které mi poskytli během vypracování této práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŠPAČEK, M. Využívání bioplynu pro ostrovní provoz obchodního centra: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2013, 58 s. Vedoucí práce: Juchelková, D.

Bakalářská práce řeší provoz obchodního centra v ostrovním provozu, které spolupracuje s bioplynovou stanicí. Následně jsou podrobně popsány jednotlivé požadavky, které jsou spojeny s výrobou, upravením, zásobováním a jeho konečným zpracováním bioplynu. Dále také zachycuje provoz obchodního centra z pohledu spotřebovaného množství energií. Hlavní cíl této práce je návrh metody distribuce energie z bioplynové stanice do obchodního centra. Při řešení jsou použity tři možná řešení. Prvním z nich je distribuce tepelné energie za pomoci teplovodu a elektrická energie elektrickým vedením. Další variantou je plynovod, který bude spojoval bioplynovou stanici s obchodním centrem. V místě obchodního centra bude kogenerační jednotka zpracovávající bioplyn na tepelnou a elektrickou energii. Poslední metodou je virtuální plynovod, který spočívá ve využívání mobilních zásobníků. V závěrečné části je provedeno celkové ekonomické zhodnocení.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

ŠPAČEK, M. Biogas for Heat and Electricity of the Shopping Center: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of energetic, Department of Control Systems and Instrumentation, 2013, 58 p. Thesis head: Juchelková, D.

This bachelor thesis deals with the operations of the shopping centre in the island operation which cooperate with the biogas station. Subsequently are detaily descripted various requirements which are associated with the production, editing, suplying and final processing of biogas. It also shows the operation of shopping centre by the view amount of energy consumation. The main goal of this thesis is to design distribution methods from the biogas station into the shopping center. . For the solving are used three possible solutions. First of them is distribution of heat energy by heatflow network ant the electric energy is delivered by electrycity. Next possible variation is the gas network which will connect the biogass station with the shopping centre. At the place of shopping centre will be cogeneration unit processing the biogas to heat and electric energy. Last method is by the virtual gasnetwork which will use mobile gas chambers. In the last part was made the total economical valuation.

Seznam zkratek a symbolů

BS	[1]	bioplynová stanice
I	[A]	elektrický proud
KJ	[1]	kogenerační jednotka
OC	[1]	obchodní centrum
P	[kW]	elektrický výkon
Q	[J]	tepelná kapacita
T	[°C]	teplota
U	[V]	elektrické napětí
U _s	[V]	elektrické napětí sdružené
V	[m ³]	objem
\dot{V}	[m ³ .s ⁻¹]	objemový průtok
VN	[1]	vysoké napětí
W	[Wh]	elektrická práce
c	[J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita
cos φ	[-]	účinník
d	[m]	průměr
l	[m]	délka
m	[kg]	hmotnost
\dot{m}	[kg.s ⁻¹]	hmotnostní průtok
p	[Pa]	tlak
r	[m]	poloměr
t	[s]	čas
w	[m.s ⁻¹]	rychlost
ρ	[Ω.m ² .m ⁻¹]	měrný elektrický odpor
ρ _p	[kg.m ⁻³]	hustota
λ	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel tepelné vodivosti
λt	[1]	součinitel ztrát třením
ΔU _{DOV}	[V]	dovolený úbytek napětí

Tyto symboly a zkratky jsou platné jen tehdy, není-li v příslušném textu uvedeno jinak. Jedná se především o symboly a zkratky označené stejným znakem nebo specifikované indexem.

Obsah

1. Úvod	1
2. Bioplyn	3
2.1 Vznik bioplynu	3
2.2 Plyn	6
2.3 Substrát	8
2.4 Bioplynová technologie	9
2.5 Čištění bioplynu	12
2.6 Zpracování bioplynu	14
3. Obchodní centrum	15
3.1 Tepelná energie	15
3.1.1 Vytápění	16
3.1.2 Ohřev teplé vody	16
3.2 Elektrická energie	17
3.2.1 Osvětlení	18
3.2.2 Ostatní spotřebiče	18
3.3 Chlad	18
3.3.1 Kompresorová chladicí zařízení	19
3.3.2 Absorpční chladicí zařízení	20
3.4 Záložní zdroje	21
4. Výroba tepla, elektřiny a chladu	22
4.1 Kogenerace	22
4.2 Trigenerace	23
5. Akumulace plynu	24
5.1 Nízkotlaké	24
5.2 Středotlaké	25
5.3 Vysokotlaké	26
6. Ostrovní systém	26
6.1 Podmínky provozu	26
7. Provozní spolupráce bioplynové stanice s obchodním centrem	28
7.1 Parametry bioplynové stanice	31
7.2 Plynovod	34
7.3 Teplovodní síť a elektrické vedení	39
7.3.1 Návrh elektrického vedení	39
7.3.2 Výpočet teplovodu	41
7.4 Virtuální plynovod	46
7.5 Zhodnocení	50
8. Ekonomické zhodnocení	51
8.1 Ekonomické zhodnocení plynovodu	51
9. Závěr	55
Použitá literatura:	57

1. Úvod

V posledních letech vzniká velké množství obchodních center, která vyžadují pro svoji činnost energie, která se pohybuje v jednotkách MW. To je tedy hlavní problém, se kterým se setkáváme. Naše elektrizační soustava je velmi rozlehlá. Z hlediska možnosti připojení malých odběrů je to téměř bezproblémové, ale pokud chceme připojit do sítě odběr o výkonu v jednotkách MW, nastávají velké problémy. Právě z tohoto důvodu jsem si zvolil toto téma.

Při realizaci tak velkého odběrného objektu (OC) je nutno si položit otázku: „Kde se získá dané množství energie?“ Tento hlavní problém řeší tato bakalářská práce.

Při návrhu takového velkého „spotřebiče“ se většinou přikláníme k šetrnému zdroji, který nebude zatěžovat životní prostředí. V tomto případě, přichází v úvahu pouze obnovitelné zdroje. A mezi nimi musíme rozhodnout, který a nebo které budou vyhovovat danému problému (spotřebě).

Mezi uvažované obnovitelné zdroje patří fotovoltaika, větrné elektrárny a biomasa. Elektrická energie z fotovoltaických a větrných elektráren je velmi nestálá (různorodá stochastika). Nejvíce této koncepci vyhovuje biomasa, zejména bioplyn. Který je konstantní zdroj energie, není ovlivňován počasím jako sluneční a větrné elektrárny. Spalování biomasy má výhodu v tom, že nezatěžuje životné prostředí. Množství CO_2 , které vzniká při jejím spalování je rovné množství CO_2 , kterou hmota spotřebovala při svém růstu. Podpora obnovitelných zdrojů energie a kombinované výroby elektřiny a tepla je definovaná v zákonu č.309/2009.

Tato práce je rozdělena do několika kapitol. V první je řešena technologie a vznik bioplynu. Následující kapitola popisuje obchodní centra a jednotlivé energie, na kterých je závislá. Čtvrtá kapitola řeší výrobu tepla, elektřiny a chladu za pomoci kogenerační jednotky. Pro vyrovnávání výkonu jsou zapotřebí zásobníky plynu, které řeší následující kapitola. V páté kapitole je popsán ostrovní provoz obchodního centra.

Předposlední část se zabývá návrhem distribuce energie bioplynu do obchodního centra. Při návrhu jsou řešeny tři možné varianty řešení. První z nich spočívá ve zpracování bioplynu v místě výroby v kogenerační jednotce, kdy za pomoci spalování se vyrábí tepelná a elektrická energie. Tepelná energie je přepravovaná za pomoci teplovodu a elektřina elektrickým vedením. Další možnou variantou je vybudování plynovodu, který bude spojovat bioplynovou stanici s obchodním centrem. Přepravený bioplyn se bude zpracovávat v místě spotřeby. Poslední variantu představuje virtuální plynovod, který bude využívat mobilních zásobníků na bioplyn. Poslední část této práce řeší ekonomické zhodnocení plynovodu.

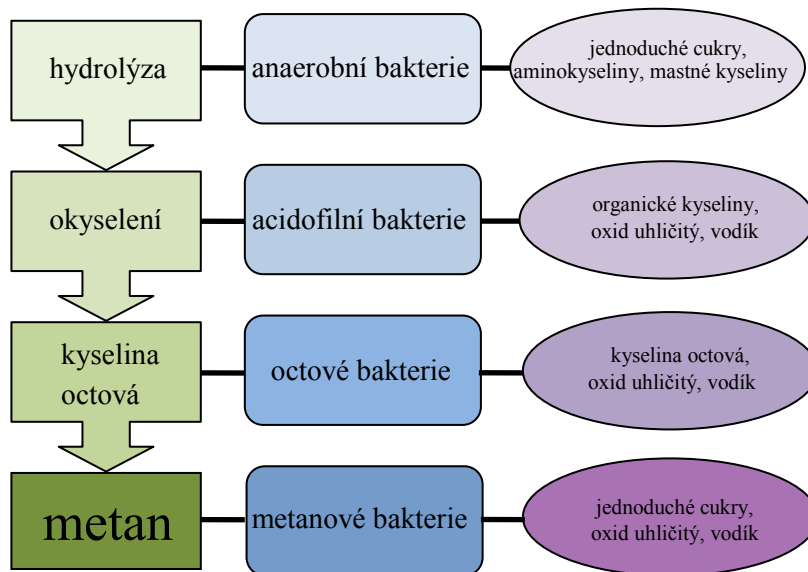
2. Bioplyn

Je velmi významná forma obnovitelné energie, kterou lze poměrně levně skladovat s malými ztrátami. Ve srovnání s ostatními obnovitelnými zdroji energie (slunce, vítr a voda) má bioplyn významné využití, není závislý na klimatických změnách. Velkou výhodou bioplynu oproti pevným a kapalným palivům je v jeho vysokém zastoupení vodíku v metanu (CH_4), a to čtyřmi atomy vodíku, které se při jeho spalování mění na čtyři molekuly vody (H_2O). Jeden atom uhlíku se mění na jednu molekulu oxidu uhličitého (CO_2). Ten je spolu s oxidem uhličitým přítomným v bioplynu, přijímán a vázán rostlinami, ty jsou hnojenými čerstvou kejdou. Oxid uhličitý, přijatý kupříkladu rostlinou, se rovná oxidu uhličitému při jeho následném spalování. Z těchto důvodů je bioplyn velmi příznivý pro životní prostředí.

2.1 Vznik bioplynu

Bioplyn vzniká z látkových bakteriích, které rozkládají organickou hmotu. Celý tento děj (anaerobní digesce) lze rozdělit do čtyř fází (obr. 2.1).

- a) V první fázi se přeměňují anaerobní bakterie z organických látek na nízkomolekulární sloučeniny, jako jsou jednoduché cukry, aminokyseliny, mastné kyseliny a voda. Tento proces se nazývá hydrolýza.
- b) Následně probíhá proces acidogeneze, kdy acidofilní bakterie se rozkládají na organické kyseliny, oxid uhličitý, sirovodík a čpavek.
- c) V následující fázi acetogenezi vytváří octové bakterie acetáty, oxid uhličitý a čpavek.
- d) Poslední fáze se nazývá metanogeneze, která vzniká v alkalickém prostředí. Z metanových bakterií se vytvoří metan, oxid uhličitý a voda.



Obr. 2.1: Fáze procesu vyhnívání [1]

Při kontinuálním plnění organickou hmotou, probíhají tyto procesy vedle sebe a nejsou odděleny. Rozběh bioplynových stanic s dávkovým procesem a víceetapových bioplynových stanic probíhají fáze rozkladu odděleně. Po zahájení provozu stanice trvá několik týdnů, než dojde k dodávce metanu. Dnes je známo hned několik typů bakterií, každá z nich vyžaduje různé podmínky:

Vlhké prostředí

Substrát vytvářející metanové bakterie musí obsahovat dostatečné množství vody.

Přítomnost vzduchu

Některé substráty obsahují velké procento kyslíku na jeho množství, který musí být odstraněn. Aerobní bakterie spotřebovávají kyslík v první fázi bioplynového procesu. Malé množství kyslíku, které vzniká z cíleného nafukování vzduchu při odsíření, však neškodí.

Sluneční záření

Při přístupu světla k metanovým bakteriím nedochází k jejich ničení, ale pouze k brždění procesu.

Teplota

O metanových bakteriích je známo, že jejich reakce probíhá při teplotě mezi 0 °C až 70 °C. Některé bakterie jsou schopné žít při teplotách až 90 °C. Pokud dojde ke zvýšení teploty, bakterie jsou ničeny. Naopak při nízkých teplotách téměř až pod bodem mrazu nedochází k úhynu, ale k útlumu.

Vyhnívání je velice závislé na teplotě. Platí, že při vyšší teplotě, dochází rychleji k rozkladu a následně k vyšší produkci tepla, tímto se sníží doba vyhnívání a též obsah metanu. Bakterie se rozdělují do tří tříd dle pracovní teploty:

- psychrofilní – teplota pod 20 °C,
- mezofilní – teplota od 25 °C do 35 °C,
- termofilní – teplota nad 45 °C.

Bakterie pracující při vyšší teplotě jsou velmi citlivé na teplotní výkyvy. Termofilní bakterie by neměly být vystaveny teplotním změnám větším jak 1 °C. Naopak bakterie pracující v mezofilní oblasti mohou pracovat s teplotními výkyvy až 3 °C během jednoho dne.

pH

Hodnota pH by měla ležet v oblasti okolo 7,5. Pro zvýšení pH se používá vápno toho se využívá zejména u siláží a syrovátek.

Drcení a sekání

Organické látky jako sláma a dlouhé trávy musí být nasekány na menší vlákna, a to z důvodu urychlení vyhnívání a předcházení vzniku kalového stropu.

Inhibitory

Organické kyseliny, antibiotika, chemoterapeutika a desinfekční prostředky mohou mít velký vliv na vyhnívací proces, které jsou schopny proces zpomalit a nebo až téměř zastavit. Většinou se s tímto problémem setkáváme při ošetřování zvířat a nebo desinfekci stáje.

Přísun substrátu

Pro předcházení rizika nadměrného zatížení plnicí zóny fermentoru je nutno zajistit rovnoměrný přísun substrátu, a to co v nejkratších časových intervalech.

2.2 Plyn

Nebo-li též nazýván bioplyn je určován poměrem metahu CH_4 k oxidu uhličitému CO_2 . Velké množství oxidu uhličitého má za následek zvýšení nákladů při jeho skladování a úpravě. Z těchto důvodů, se snažíme snížit koncentraci oxidu uhličitého v bioplynu. Koncentrace metanu CH_4 v bioplynu je zastoupena v rozmezí 50 až 70 %, kdy CO_2 se měří *Brigonovým* přístrojem a po odečtu malého množství zbytkových plynů se početně stanoví obsah CH_4 . Obsah metanu je závislý na následujících kritériích.

Průběh procesu

Bioplynové stanice je možno rozdělit na jednostupňové a dvoustupňové. V jednostupňové bioplynové stanici probíhá anaerobní cyklus v jednom fermentoru. U dvoustupňových vzniká bioplyn ve dvou stupních. V prvním stupni obsahuje plyn o velkém množství oxidu uhličitého, který má malý energetický potenciál. Naopak druhý stupeň obsahuje velké množství metanu, které se pohybuje v 80 % a více.

Složení substrátu

Zásadní vliv na množství a kvalitu bioplynu má složení a množství substrátu. Z látek bohatých na bílkoviny a uhlovodíky, mezi které patří hovězí kejda a kukuřice, se vyrobí méně plynu než z látek obsahující tuky.

Teplota substrátu

Při srovnání teplé a horké fermentace je obsah metanu nižší, než při procesech o nízkých teplotách. Z ekonomického a energetického hlediska je obsah metanu velmi důležitým faktorem.

Sirovodík

Sirovodík je jedovatý plyn, který při menších koncentracích není škodlivý a vyznačuje se nepříjemným zápachem. Obsah sirovodíku může ležet v rozmezí 0 až 1 %, při vyšších koncentracích brzdí vyhnívání. Z hlediska zastoupení v bioplynu je jako třetí nejvíce vyskytující se látka, hned po metanu a oxidu uhličitém. Sirovodík je látka velmi agresivní, která zapříčiňuje korozi, což vyvolává problémy především na armaturách, plynoměrech, hořácích a motorech. Snižování množství sirovodíku se řeší odsířováním bioplynu.

Vlastnosti bioplynu

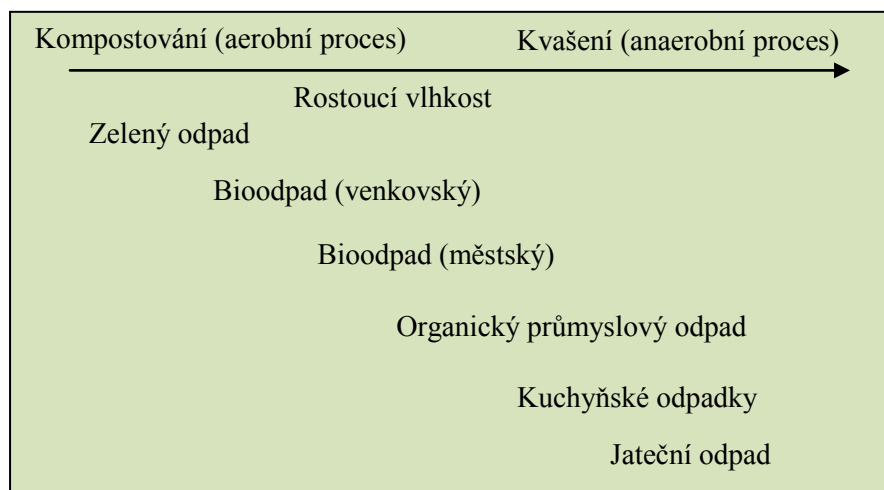
Bioplyn je významná energetická surovina. Kterou je možno využívat kupříkladu k výrobě elektrické energie, vytápění, chlazení, sušení a jiným účelům. V tabulce 2.1 jsou zobrazeny jednotlivé parametry bioplynu a jejich příbuzné plyny. Výhřevnost bioplynu je různá a závisí na zastoupení metanu v jeho objemu. Pohybuje se v rozmezí 5,5 až 7 kWh.m⁻³, jeho průměrná hodnota je 6 kWh.m⁻³. Při srovnání s jednotlivými plyny (tab. 2.1), má bioplyn malou výhřevnost, ale ve srovnání s vodíkem má až dvojnásobnou. Jeho hustota se pohybuje kolem hodnoty 1,2 kg.m⁻³. Ve srovnání se vzduchem je o něco lehčí, to je velmi výhodné, neboť unikající bioplyn se nemůže hromadit u podlahy jako propan. A ještě dochází k rychlému mísení se vzduchem, čímž se snižuje riziko jeho hoření nebo výbuchu. Zápalná teplota je ve srovnání s ostatními plyny nejvyšší, a to o hodnotě 700 °C, což je velice výhodné z hlediska bezpečnosti. Rychlost postupu plamene ve vzduchu je 0,25 m.s⁻¹, tato nízká hodnota je způsobena příměsí CO₂. Z hlediska zápalnosti potřebuje bioplyn velmi malé meze, a to 6 až 12 %. Množství vzduchu ke stechiometrickému spalování činí 5,7 m³ vzduchu na 1 m³ bioplynu. Většinou dodáváme k hoření bioplynu o 20 % vzduchu a více.

Plyn	Jednotka	Bioplyn	Zemní plyn	Propan	Metan	Vodík
Výhřevnost	kWh.m ⁻³	6	10	26	10	3
Hustota	kg.m ⁻³	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
Hustota v poměru k hustotě vzduchu	-	0,9	0,54	1,51	0,55	0,07
Zapalovací teplota	°C	700	650	470	650	585
Max. rychlost postupu plamene ve vzduchu	m.s ⁻¹	0,25	0,39	0,42	0,47	0,43
Rozsah zápalné koncentrace plynu ve vzduchu	%	6 až 12	5 až 15	2 až 10	5 až 15	4 až 80
Teoretická Spotřeba vzduchu	m ³ .m ⁻³	5,7	9,5	23,9	9,5	2,4

Tab. 2.1: Parametry bioplynu, ve srovnání s jinými významnými hořlavými plyny [1]

2.3 Substrát

Substrát se skládá z organických látek, které se mohou rozložit anaerobní a aerobní cestou. Pro pevné a členité materiály, mezi které kupříkladu patří klestí, připadá v úvahu jako nejlepší aerobní zpracování neboli zkompostování. Naopak mokřý materiál, mezi který patří kejda, zbytky jídla a jiné je nejlepší anaerobní zpracování, neboli kvašení. Na obrázku 2.2 jsou uvedeny možné odpady a jejich rozdělení, které se hodí nejlépe pro aerobní a anaerobní rozklad.



Obr. 2.2: Rozdělení organického odpadu na aerobní a anaerobní zpracování [1]

Rozhodujícím faktorem pro volbu vhodné metody je zejména obsah sušiny v materiálu. Pro bioplynovou technologii je optimální obsah sušiny mezi 5 a 15 %. Při

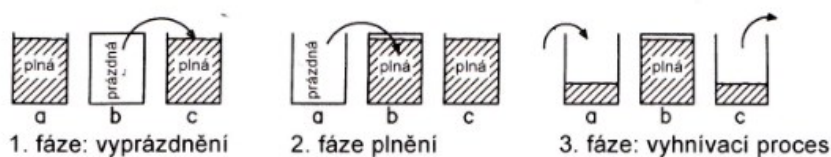
nižších koncentracích sušiny (15 %) by proces probíhal. Pouze by bylo nutno zařízením prohánět velké množství vody, což je velice neekonomické. Obsah sušiny pro kompostová leží v rozmezí 40 až 60 %.

Nejvhodnější materiály pro aerobní digesce získané v zemědělství jsou například kejda, hnůj, močůvka, zbytky krmení.

2.4 Bioplynová technologie

Bioplynové stanice lze rozdělit do několika technologických postupů, které jsou zobrazeny na obr. 2.3. Z obrázku je možno vidět, že technologie lze dělit podle způsobu plnění, počtu stupňů a konzistenci substrátu.

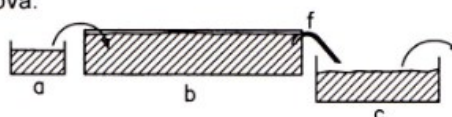
I Dávková metoda:



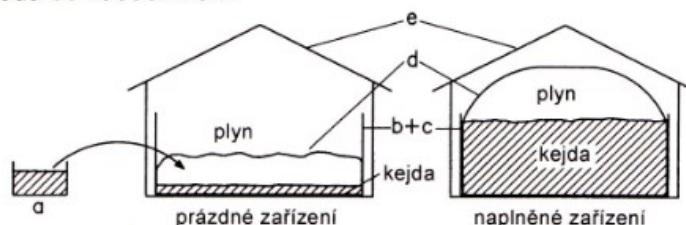
II Metoda střídání nádrží:



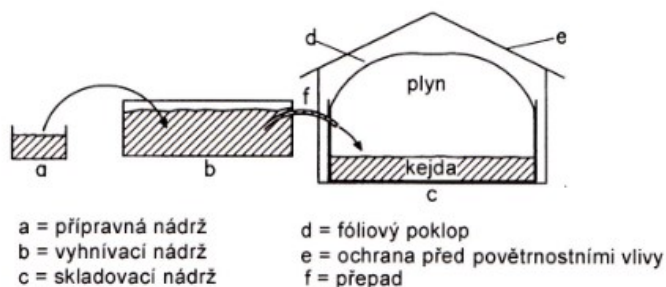
III Metoda průtoková:



IV Metoda se zásobníkem



V Metoda průtoková se zásobníkem na konci



Obr. 2.3: Schématický přehled bioplynových technologií [1]

Dávkový způsob

Je jeden z možných způsobů provozu, kdy se vyhnivací nádrž naplní najednou. Dávka pak vyhnívá do konce doby kontaktu, aniž se další substrát přidává nebo odnímá. Produkce plynu po naplnění pomalu roste, dosahuje maxima a poté klesá. Na konci, po skončení doby kontaktu, se vyhnivací nádrž najednou vyprázdní. Menší množství vyhnílého kalu se ponechá z důvodu nastartování procesu. Aby bylo možno vyhnivací

nádrž naplňovat a vyprazdňovat jedním rázem. Je zapotřebí mít vyhnívací a skladovací nádrž, doporučuje se o stejné velikosti, což tento postup zdražuje.

Metoda střídání nádrží

Pro tuto metodu je nutno mít dvě vyhnívací nádrže, přípravnou a vyhnívací. Přípravná nádrž musí pojmout substrát získaný za 1 až 2 dny. Z přípravné nádrže se vyhnívací nádrž pomalu, ale rovnoměrně plní, zatímco v druhé probíhá vyhnívací proces. Když je první nádrž naplněna, obsah druhé nádrže se najednou přesune do skladovací nádrže a následně se tato vyprázdněná druhá nádrž začne plnit z přípravné nádrže. Mezi tím se vyhnílý kal ze skladovací nádrže vyváží na vhodné plochy, takže tato nádrž se průběžně zcela nebo částečně vyprazdňuje. Její kapacita by zpravidla měla být větší, než kapacita jedné vyhnívací nádrže.

Průtokový způsob

Tato metoda obsahuje jednu vyhnívací nádrž, do které je dodáván substrát z přípravné nádrže. Zároveň vychází vyhnílý substrát z vyhnívací nádrže do skladovací nádrže. Tento typ bioplynových stanic je velmi oblíbený z hlediska rovnoměrné dodávky plynu a nízkých pořizovacích nákladů. Nevýhodou této metody je, že dochází k promíchávání čerstvého substrátu s vyhnílým substrátem, čímž se sníží vyhnívací efekt.

Metoda se zásobníkem

Následující metoda se skládá z jedné nádrže, která je zároveň fermentorem a skladovací nádrží. Při vyvážení vyhnilé kejdry se zásobník vyprázdní až na malý zbytek, který se zde ponechá z důvodu naočkování následující náplně. Výhoda této metody spočívá v nízkých provozních nákladech. Provozovatel potřebuje pouze velkou a relativně levnou nádrž. Provoz tohoto typu zařízení je velmi jednoduchý a přehledný z hlediska provozování jednotlivých zařízení.

Kombinovaná průtoková metoda se zásobníkem

Kombinovaná průtokovo-zásobníková zařízení reprezentují současný nejvyšší vývojový stupeň bioplynové technologie. Vznikly tím způsobem, že k průtokovému

fermentoru byly připojeny dříve otevřené skladovací nádrže na vyhnílou kejdu, dostatečně opatřené foliovým poklopem nebo pevným krytem. A to s cílem zabránit ztrátám na dusíku způsobeným aerobními rozkladnými procesy a získat tak dostatečný bioplyn. Praxe ukázala, že při dnešních obvyklých dobách skladování, což je zhruba 7 měsíců, pochází 20 až 40 % celkového výnosu ze skladovací nádrže. Tato nádrž zpravidla není ani izolovaná, ani ohřívána nebo promíchávána, takže náklady na dodatečný zisk plynu jsou relativně malé.

Jednostupňový nebo vícestupňový proces

Vyhnívání substrátu a výrobu bioplynu lze z hlediska techniky výrobního procesu provádět jednostupňově nebo vícestupňově. Při jednostupňovém procesu probíhají čtyři fáze vyhnívacího procesu, v jednom vyhnívacím prostoru. A to u plně promíchávaných zařízení souběžně ve stejném čase i prostoru a u zařízení ve směru toku nepromíchávaných.

2.5 Čištění bioplynu

Při zpracování bioplynu musí být provedena jeho úprava z důvodu odstranění nežádoucích látek. Většinou je zpracováván ve spalovacích motorech. V poslední době se přichází s variantou, kdy je dodáván do rozvodného potrubí zemního plynu.

Při úpravě bioplynu se odstraňují především tři následující složky:

- CO_2 - jeho objemové zastoupení je největší, z veškerých znečišťujících plynů, který snižuje výhřevnost plynu.
- H_2O - vysoká koncentrace vodní páry ve formě kondenzátu může poškodit potrubí, ventily a ostatní komponenty, a to zejména při vysokých tlacích a nízkých teplotách.
- H_2S - sulfan nebo-li sirovodík je jedovatý bezbarvý plyn, který se s koncentrací vody stává žíravinou. Také způsobuje křehnutí oceli a při hoření emituje SO_2 a SO_3 .

Odsíření

Sulfan je příčinou vzniku kyseliny sírové, při spalování bioplynu, která pak následně způsobuje korozi a to většinou, když dochází ke kondenzaci spalin. Obsah síry je nejproblematictější škodlivinou zastoupenou v bioplynu. Sulfan v bioplynu snižuje životnost potrubí a všech zařízení, se kterými přichází do styku. Při zvýšeném tlaku dochází ke křehnutí oceli. Zpracováváním prasečí kejdy k výrobě bioplynu dochází k výrazné produkci sulfanu až $600\text{--}3000 \text{ mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$. Proti zabránění možného poškození zařízení, mezi které patří spalovací motor, výměník tepla, katalyzátor, kompresor a další zařízení, se musí snížit sulfan na požadovanou mez. Pro spalovací motor kogenerační jednotky by se množství sulfanu mělo pohybovat v rozmezí $0,1$ až $0,5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, což odpovídá $0,05 \%$ z celkového objemu plynu.

Biologické odsiřování je nejběžnější metoda pro snížení koncentrace sulfanu. Sulfan se nejdříve rozpustí ve vodě a následně biologicky odstraní. Tutu činnost obstarávají mikroorganismy druhu *Thiobacillus* a *Sulfolobus*, které jsou v prostředí všudypřítomné. Mikroorganismy spotřebovávají síru a kyslík pro svůj růst. Kyslík je dávkován v koncentraci 4 až 6% do fermentoru. Při provedení tohoto způsobu odsíření se obsah sulfanu pohybuje v rozmezí $0,2$ až $0,5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Další možnou metodou ve snížení množství sulfanu je adsorpce přes aktivní uhlí. Molekulární sírník se adsorbuje na povrchu aktivního uhlí, pokud v bioplynu není kyslík a koncentrace sulfanu je poměrně vysoká. Účinnost metody je obvykle nedostačující. Proto je aktivní uhlí často integrované katalyzátory, čímž se zvýší rychlost sulfanu na elementární síru. Nevýhodou aktivního uhlí je to, že se musí po vyčerpání kapacity vyměnit a zlikvidovat. Regenerace aktivního uhlí za pomoci přehřáté páry, při teplotě nad $450 \text{ }^{\circ}\text{C}$, je metoda drahá a málo efektivní. Obecně metoda adsorpce za pomoci aktivního uhlí je velmi finančně nákladná.

Přijatelnou metodou snížení sulfanu využívající metodu adsorpce je za pomoci trojmocného železa. Výborně využitelné trojmocné sloučeniny železa jsou oxid (kysličník) a hydroxid (louh). Trojmocné železo oxiduje s hydroxylovou skupinou OH- za vzniku hydroxidu ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) nebo oxidu (Fe_2O_3). Hmota oxidu nebo hydroxidu

železitého je navrstvena v odsiřovací jednotce, buď jako integrované ocelové drátěnky, nebo impregnované dřevěné štěpky či pelety. Bioplyn je přiváděn na dno odsiřovacího reaktoru při nízkém tlaku a teplotě v rozmezí 15 až 50 °C. Vyčerpaná železitá hmota se dá snadno regenerovat. A to propláchnutím odsiřovací jednotky obyčejným vzduchem, kdy siřník železitý reaguje s kyslíkem a vodou na síru. Tato metoda je relativně ekonomicky levná a dokáže snížit množství sulfanu až na hodnotu menší než $0,05 \text{ mg.m}^{-3}$.

Sušení

Bioplyn vycházející z fermentoru obsahuje velké množství vody a při stlačení v kompresorové jednotce dochází při chlazení po kompresi a následně ke kondenzaci vody. Působením kapalného skupenství vody (H_2O) a oxidu uhličitého se začne tvořit kyselina uhličitá, která je agresivní a způsobuje korozi. Dále kapalná voda redukuje při kompresi svůj objem, čímž může při vysokých stupních stlačení ohrožovat strukturální integritu kompresorů. Proto je důležité při zvyšování tlaku kapalnou vodu odstranit.

Odlučování oxidu uhličitého

Oxid uhličitý se odděluje tlakem spolu s vodou při kompresi v prvním stupni hlavního kompresoru. Membránová technologie byla zvolena pro odstranění zbývajících částí oxidu uhličitého. Principem membránové separace je využití odlišné rychlosti průniku různých molekul přes polymerní filmy. Mezi hlavní výhody membrán jsou následující. Energie pro membránovou separaci zajišťuje tlakový rozdíl mezi oběma stranami polymerního filmu. Membrány patří mezi nejlevnější systémy pro nízké výkony, které fungují jako filtr a nepotřebují další zařízení pro separaci plynu.

2.6 Zpracování bioplynu

Bioplyn by měl být využit co nejintenzivněji, čímž jsou myšleny vysoké pracovní teploty. Většinou je využíván k výrobě tepla a elektrické energie. Další možností využívání je kombinovaná výroba elektřiny, tepla a chladu tzv. trigenerace. Při odstranění nežádoucích látek z bioplynu, lze získat plyn, o identickém složení jako zemní plyn, který může být dále distribuován do plynovodu.

3. Obchodní centrum

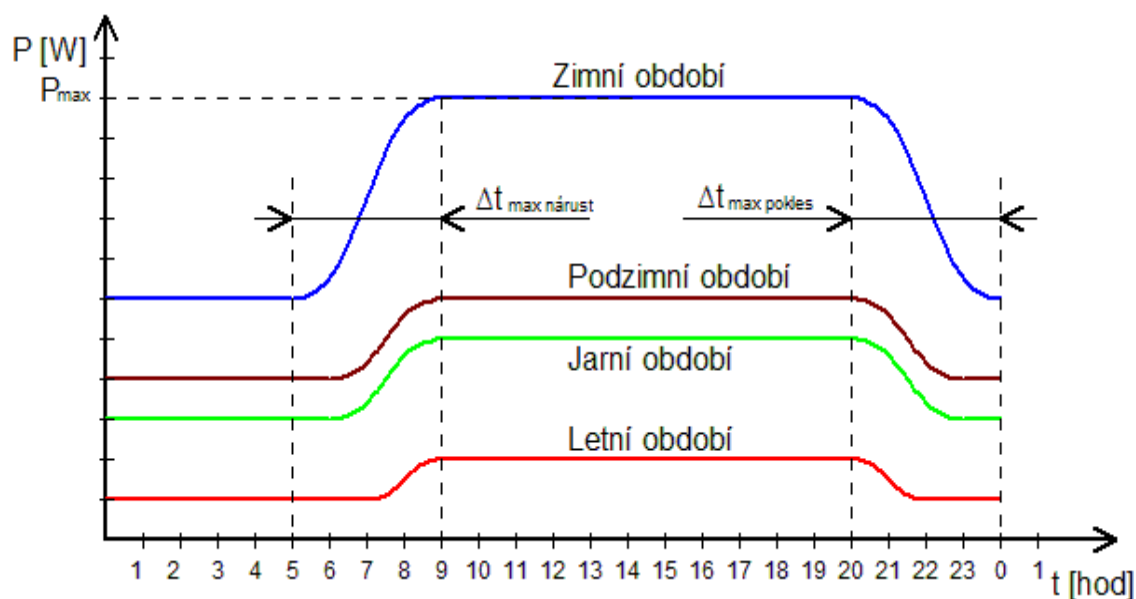
Za posledních pár let vzniklo a nadále vzniká velké množství OC. Což je koncentrované seskupení jednotlivých prodejců, které poskytují různé služby.

OC je velkým spotřebitelem energií a pro správný chod, musí být poskytnuty dodávky jednotlivých požadovaných druhů energie, mezi které patří zejména tepelná energie, elektrická energie a v posledních pár letech čím dál více rozvíjí se výroba chladu. Velkou nevýhodou těchto OC je velký rozdíl spotřeby energie během dne a noci. Tyto velké skokové rozdíly ve spotřebě energie jsou způsobeny provozní dobou OC. Většina těchto zdrojů funguje v časovém rozmezí 9:00 do 21:00 hodin, kdy je spotřeba energií největší. Zároveň velké rozdíly ve spotřebě energie (teplo, chlad), způsobují roční období, tato změna probíhá velmi plynule.

Cílem OC je, aby se člověk cítil v daném prostředí co nejlépe. Faktory ovlivňující pocit člověka je nespočetné množství, ale mezi hlavní patří zejména teplota a vnitřní osvětlení.

3.1 Tepelná energie

Největší množství energie, kterou obchodní centra spotřebovávají je tepelná. Tato energie je využívána zejména k vytápění. Menší množství je využíváno pro ohřev teplé užitkové vody (TUV). Průběh spotřeby tepla je zobrazeno na obrázku 3.1.



Obr. 3.1: Průběh denní spotřeby tepelné energie pro OC v jednotlivých ročních obdobích

3.1.1 Vytápění

Cílem energetiky OC je vytvořit optimální prostředí, ve kterém se budou nacházet lidé a zároveň snaží docílit minimální energetické náročnosti celkové otopné soustavy. Celkový objekt OC bývá rozdělen na jednotlivé objekty, které vytváří zóny a vyžadují samostatný rozbor.

3.1.2 Ohřev teplé vody

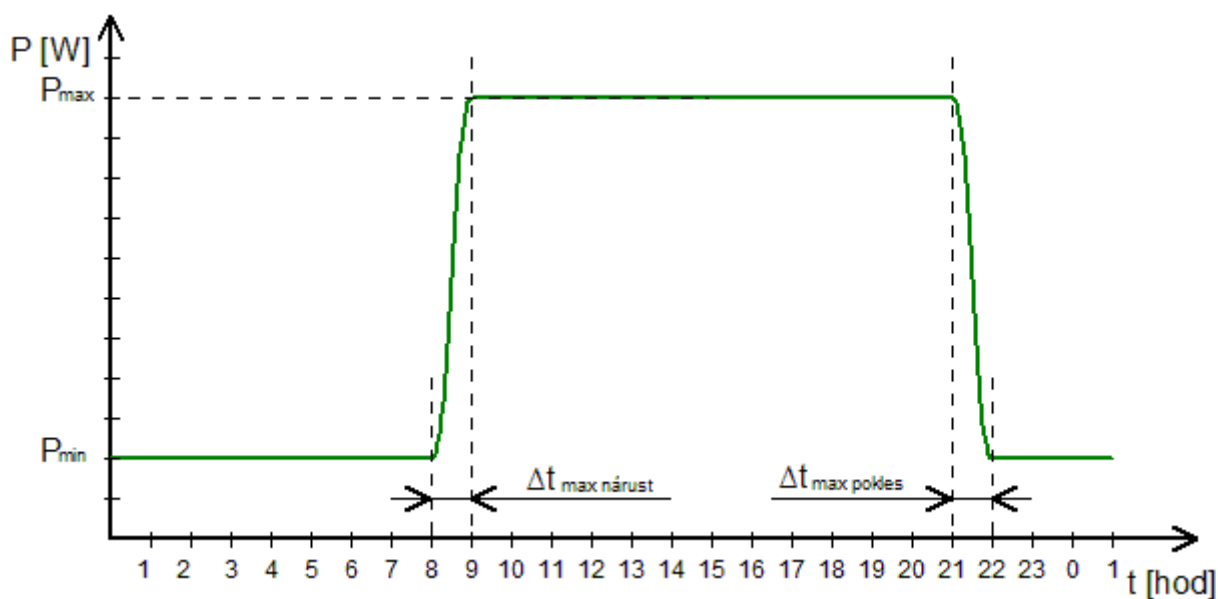
Odběrový diagram teplé vody se u obchodních center pohybuje v konstantních hodnotách. Během noci, kdy odběr teplé vody je minimální dochází k její nahřívání a akumulaci v zásobnících. Pro ohřev vody se používají různé druhy výměníků. Z důvodu velké koncentrace lidí by teplota v odběrném potrubí se měla pohybovat v rozmezí teplot 55 až 60 °C. Teplá užitková voda je využívána zejména na toaletách a sprchách. Její množství je v poměru s energií na vytápění velice malá, v zimním období téměř až zanedbatelná. [2]

3.2 Elektrická energie

S velkými změnami ve spotřebě energie se setkáváme zejména u elektrické energie. V denní diagram spotřeby elektrické energie jsou dva extrémní případy obr 3.2. Prvním z nich je spínání spotřebičů, kdy dochází ke špičkovému nárůstu ve spotřebě elektrické energie. Druhým kritickým případem je naopak výrazný pokles elektrické energie při odpínání spotřebičů.

Napájecí soustava OC bývá TN-S 3+N+PE 50Hz 400/230V a musí být provedena ochrana před nebezpečným dotykem dle ČSN 33 2000-4-41.

Elektrické energie je nejvíce zastoupena v osvětlení. Většina OC nemá okna a střešní světlíky a tudíž vyžadují osvětlení i během slunečního svitu.



Obr. 3.2: Průběh denní spotřeby elektrické energie pro OC

3.2.1 Osvětlení

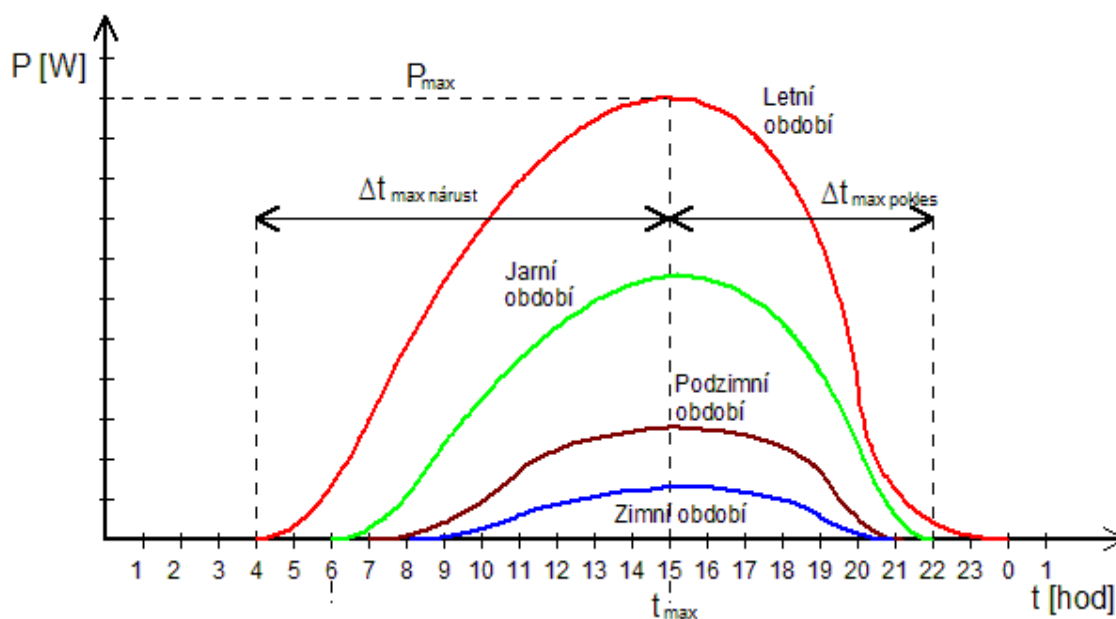
Cílem osvětlovací soustavy je vytvořit příznivé světelné podmínky pro uživatele, aby se cítil co nejlépe. Z důvodu ekologie se přestávají využívat žárovky jako světelný zdroj a přechází se na zdroje méně energeticky náročné. Mezi ty patří kompaktní a lineární zářivky.

3.2.2 Ostatní spotřebiče

Elektrická energie se dále využívá k pohonům spotřebičů. Mezi které patří čerpadla, kompresory, ventilátory a ostatní spotřebiče.

3.3 Chlad

Spotřeba chladu je velmi proměnlivá jak v průběhu dne, tak i během roku obrázek 3.3. Průběh spotřebovaného chladu je téměř totožný s průběhem intenzity slunečního záření. Největší spotřeba chladu je v letních měsících a z hlediska času je to v odpoledních hodinách.



Obr. 3.3: Průběh denní spotřeby chladu pro OC v jednotlivých ročních obdobích

Chladicí zařízení využívající fázových změn chladiva se dělíme do následujících tří hlavních skupin:

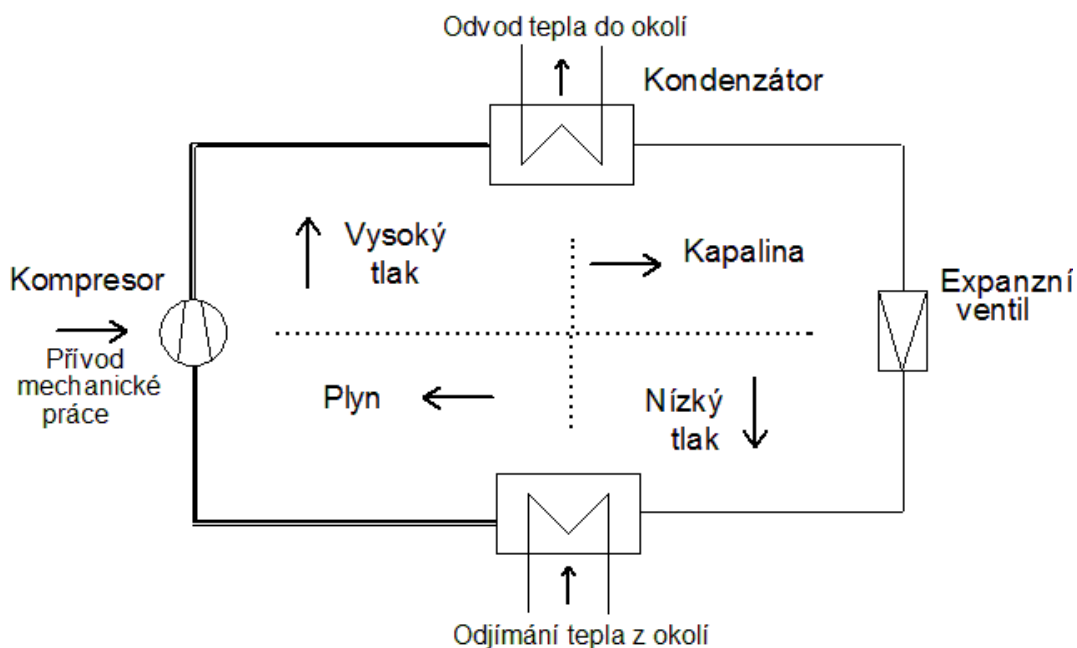
- kompresorová,
- absorpční,
- hybridní.

Produkce chladu je dnes dominantně realizována s využitím kompresorových chladicích jednotek. Jejich provoz je spojen s nutnou spotřebou významného množství elektrické energie a environmentální slabinou zůstávají nežádoucí vlivy chladiv nekontrolovatelně vstupujících do atmosféry při poruchách a poškození zařízení. Absorpční chladicí jednotky stále zůstávají hlavní odpovědí chladicích výkonů od stovek kW výše (OC).

Existují i další principy využitelné pro produkci chladu, ale jejich efektivnost je výrazně nižší.

3.3.1 Kompresorová chladicí zařízení

Kompresorová chladicí zařízení představují nejčastěji používaný typ chladicích zařízení s širokým rozsahem použití. Hnacím prvkem je v tomto případě kompresor použitý ke stlačování par chladiva obrázek 3.4.



Obr. 3.4: Schéma kompresorového chladicího oběhu [5]

3.3.2 Absorpční chladicí zařízení

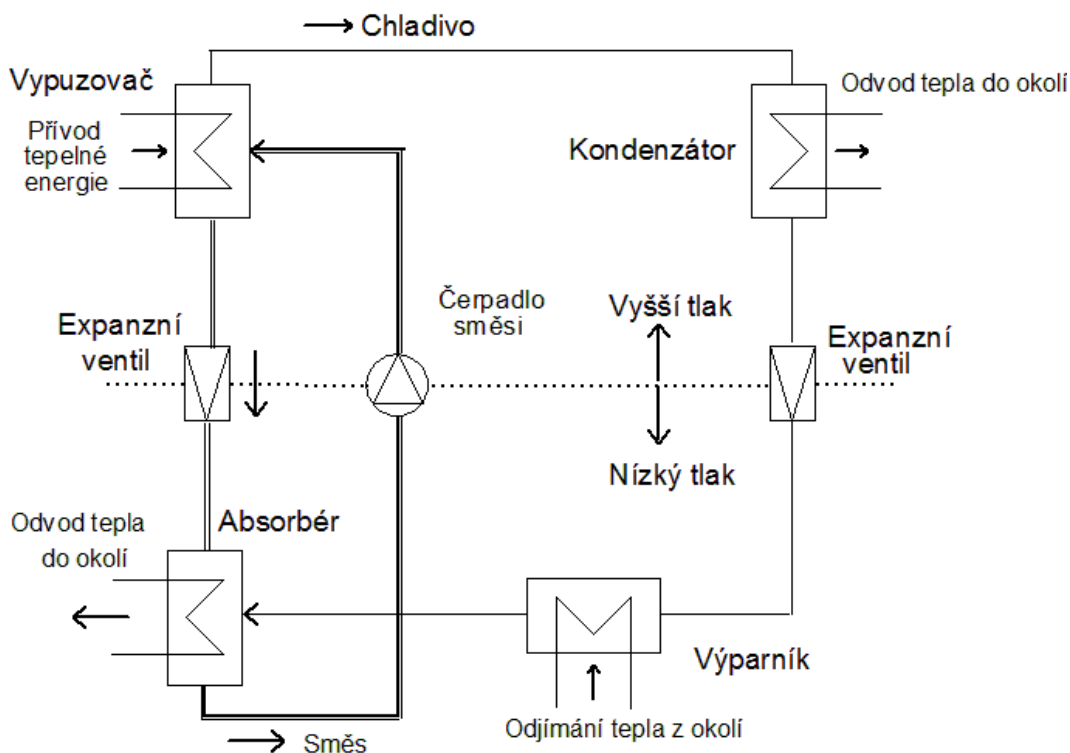
Využívají pro přenos tepelné energie na vyšší teplotní úroveň absorpční oběh, který shodně s parním oběhem využívá fázovou změnu chladiva ve výparníku a kondenzátoru. Na rozdíl od kompresorového oběhu, využívá absorpční oběh jako hnací energii teplo. Využití tepelné energie pro pohon chladicího zařízení předurčuje absorpční chladicí zařízení pro produkci chladu středních a velkých výkonů v místech s dostupným zdrojem levné tepelné energie. Absorpční jednotky se používají s kombinací kogenerační jednotky, kdy vytvoří trigenerační jednotku.

Princip Absorpční jednotky

V absorpčním chladicím oběhu koluje chladivo a absorpční látka. Páry odpařeného chladiva odcházející z výparníku jsou absorbovány v absorbéru do kapalně absorpční látky za současného uvolnění absorpčního tepla. Vzniklá kapalná směs je čerpadlem dopravena do části oběhu s vyšším pracovním tlakem. Následným zahřátím této směsi jsou vypuzeny páry chladiva z absorpční kapaliny. Páry postupují do kondenzátoru, kde kondenzují při kontaktu s ochlazovaným povrchem. Chladivo v

kapalné podobě dále prochází přes škrtkový ventil do výparníku. Zde vlivem snížení tlaku dochází k varu chladiva při nízké teplotě a odnímání tepla ochlazovanému médiu.

Páry chladiva poté uzavírají svůj pracovní oběh absorpcí v absorbér. Oddělenou větví se z vysokotlaké části oběhu přes škrtkový ventil vrací do nízkotlaké části absorpční kapalina, prostá vypuzeného chladiva. Pro dosažení dobré účinnosti je nutno oběh vhodně doplnit výměníky tepla, které zajistí opakované využití tepelných toků s respektováním nutných teplotních spádů. Konkrétní uspořádání oběhu vždy záleží na zvolených pracovních parametrech a použité dvojici pracovních látek.



Obr. 3.5: Schéma absorpčního chladicího oběhu [5]

3.4 Záložní zdroje

Většina obchodních center (OC) je v blízkosti elektrické distribuční soustavy a z tohoto hlediska se doporučuje mít provedenou záložní přípojku elektrické energie. Která může být využívána při revizích a výpadcích zdroje energie. Z důvodu velkého množství osob je nutno mít nouzové osvětlení, které bude napájeno ze záložního zdroje svítidla (baterie) a nebo z centrálního zdroje.

4. Výroba tepla, elektřiny a chladu

4.1 Kogenerace

Kogenerace je společná výroba elektřiny a tepla, která je zobrazena na obrázku 4.1. Umožňuje zvýšení účinnosti využití energie paliv. Oproti klasickým elektrárnám, kogenerační zařízení využívají odpadní teplo k ohřevu vody, která se následně využívá k dalšímu zužitkování. Kogenerace pomocí plynových spalovacích motorů je dnes už velmi rozšířená. Jako palivo se u plynových spalovacích motorů používá především zemní plyn, bioplyn a jiné ostatní plyny. Kogenerační jednotky se vyrábí ve výkonových řadách od jednotek kW až do 5 MW.

Kogenerační jednotky spalující bioplyn mají od jednotek, které spalují zemní plyn, svá určitá specifika, která jsou dána složením plynu a také množstvím plynu za hodinu, jenž jsme schopni pro spalování zajistit. Další kritické faktory při provozu plynového spalovacího motoru jsou:

- teplota plynu,
- tlak plynu,
- výkyvy tlaku,
- vlhkost plynu,
- spád potrubí.

Teplota plynu, která by neměla být vyšší jak 40 °C před vstupem do kogenerační jednotky. Je-li teplota vyšší, dochází k nadměrnému teplotnímu namáhání armatur a řídicích jednotek. To vede nejčastěji k poškození membrán a tím k jejím netěsnostem.

Tlak plynu by se měl pohybovat v rozmezí 0,09 až 0,2 bar a jeho výkyvy by neměly překročit hodnotu 0,01 bar.s⁻¹.

Vlhkost plynu překračující hodnotu 80 %, způsobuje vytváření vodních zátek. S tím souvisí i spád potrubí, který se musí s ohledem na kondenzaci plynu volit co nejmenší, aby se zamezilo vodním zátkám, které se tvoří v prohlubních.

Tepelná energie, jež se dá dále využít pro vytápění nebo jinému využití, se tvoří za pomoci výměníků. Základní výměník u kogeneračních jednotek na bázi spalovacích motorů je především výměník motorového okruhu a spalínový výměník. Jako výměník motorového okruhu se může použít například deskový výměník. V případě spalínového výměníku můžeme použít výměník trubkový, přičemž spaliny proudí vnitřní částí potrubí a předávají tak svou tepelnou energii otopné vodě.

Elektrická energie se získává přeměnou mechanické energie, a to za pomoci elektrického generátoru. Používají se generátory synchronní i asynchronní.

Celková účinnost kogeneračních jednotek se pohybuje v rozmezí 80 až 90 %. Přičemž tepelná účinnost zařízení ku elektrické účinnosti bývá většinou v poměru 5:4. U některých typů spalovacích zařízení je však tento poměr i 1:1.



Obr. 4.1: Schéma kogenerační jednotky [6]

4.2 Trigenerace

Trigenerace je kombinovaná výroba tepla, elektřiny a chladu (obrázek 4.2), což představuje zvýšení využití energie paliv, pro nás zejména energii bioplynu. Z technologického hlediska jde o spojení kogenerační jednotky s absorpční chladicí jednotkou. Chlazení na absorpčním principu nevyžaduje elektrickou energii, ale méně ušlechtilou energii tepelnou, kterou lze tímto způsobem využít i v létě, např. ke klimatizaci budov. Regulace množství tepla a chladu je možno plynule řídit třicestný

ventilem obrázek 4.2. Popis výroby chladu za pomoci absorpce je popsán v kapitole 3.3. [6]



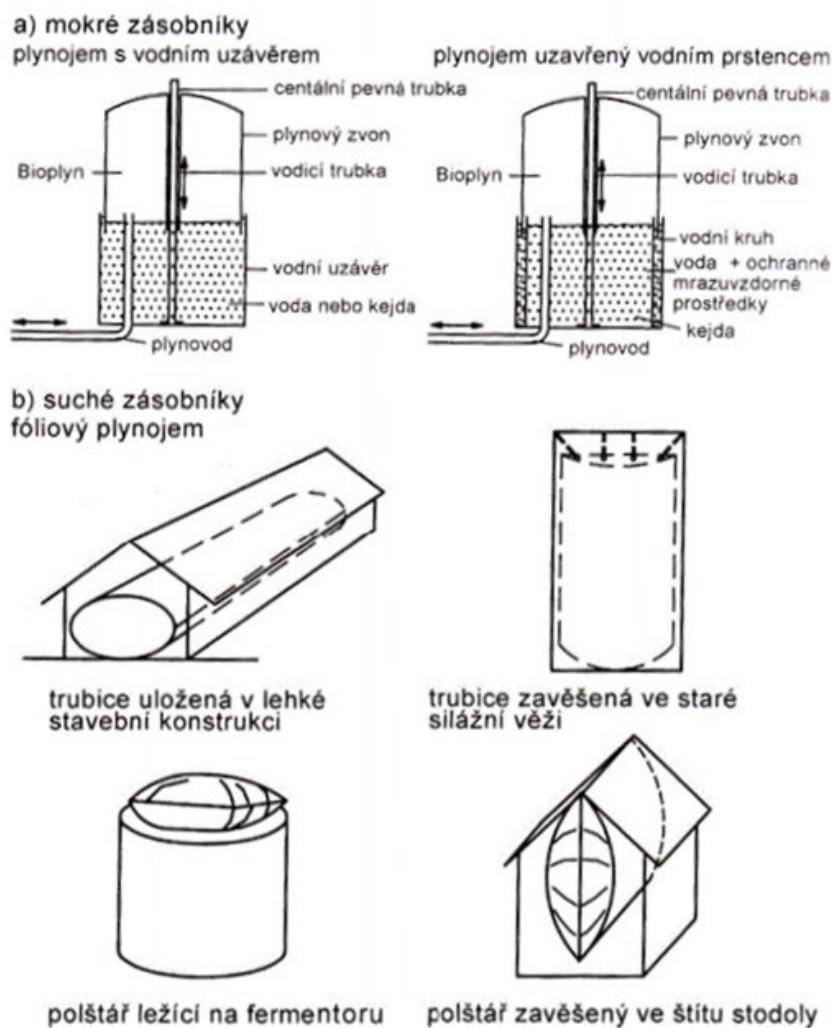
Obr. 4.2: Schéma kogenerační jednotky doplněné o absorpční jednotku na výrobu chladu [6]

5. Akumulace plynu

Velkou nevýhodou bioplynu je jeho malá hustota energie k jeho objemu. Množství 1 m³ bioplynu odpovídá energii 0,6 l topného oleje. Proto je zapotřebí velkých zásobníků plynu (plynojemy). Bioplynové zásobníky se dělí zejména podle tlaku a velikosti. Z hlediska tlaku dělíme zásobníky na nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké.

5.1 Nízkotlaké

Tyto zásobníky jsou rozšířeny nejvíce z důvodu malých finančních nákladů. Dále je možno rozdělit na zásobníky mokré a suché obrázek 5.1. Mezi mokré zásobníky patří plynojemy s vodním uzávěrem, který tvoří ocelový zvon ponořený do nádrže s kapalinou. Kapalinu může představovat též samotný substrát. V oblastech s nízkou teplotou může docházet k zamrznutí kapaliny a tudíž musíme používat mrazuvzdorné kapaliny. Velkou výhodou tohoto typu plynojemu je skladování plynu pod stálým tlakem. Plynojemy s vodním uzávěrem vyžadují velké pořizovací náklady. Mezi hlavní zástupce suchých zásobníků patří foliové zásobníky. Výhodou těchto zásobníků je jednoduchá konstrukce, kterou můžeme vytvořit na místě svařením igelitu, kdy jsme schopni vytvořit jednotky o objemu až 1000 m³. Nenastávají zde žádné problémy s korozí a úniky plynu. Nevýhodou je jejich nutná ochrana před povětrnostními vlivy a poškozením. Dále foliový kompresor musí být doplněn o kompresor pro vytvoření zpětného tlaku, zatížení pláště plynojemu závažím se moc nedoporučuje.



Obr. 5.1: Nízkotlaké zásobníky [1]

5.2 Středotlaké

Jsou vytvořeny především z oceli pracující s provozním tlakem 5 až 20 barů. Většinou se užívají z prostorových důvodů, kde není možno použít nízkotlaké zásobníky. Při stlačování se chová plyn jako ideální, to znamená, že množství obsažené v nádrži stoupá úměrně tlaku. Pokud stlačíme plyn na tlak 10 barů jeho objem je desetkrát nižší než za normálního tlaku. Pro stlačování plynu do nízkotlakých zásobníků postačuje jednostupňový kompresor.

5.3 Vysokotlaké

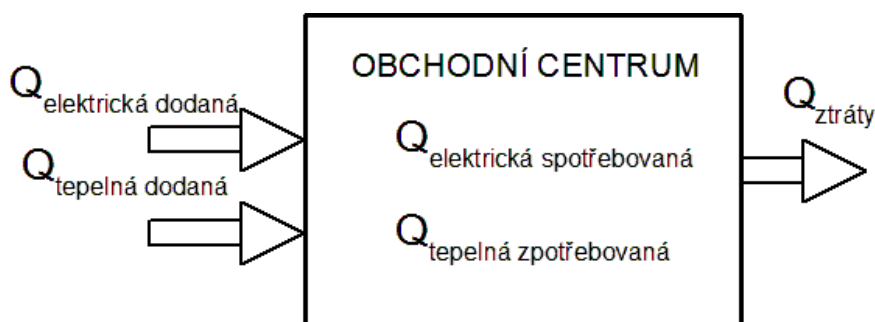
Skladování se provádí do ocelových lahví, kdy plyn je stlačen na tlak více jak 200 barů. Před vysokotlakým stlačením je nutno provést odsíření, z důvodu agresivity (koroze tlakových lahví). Při tomto tlaku se už plyn nechová jako ideální, ale podstatně lépe. Tedy v láhvi jsme schopni skladovat o 50 % více bioplynu než u ideálního plynu (10 barů).

6. Ostrovní systém

Ostrovní provoz je samostatná spolupráce daného objektu, a to bez jakékoliv dodávky elektrické a tepelné energie. Často se s těmito systémy setkáváme u malých objektů a nebo odlehlých objektů. Dané systémy mohou využít různé druhy energie, mezi které patří sluneční energie, větrná energie a energie obsažené v pevných, kapalných a plynných palivech.

6.1 Podmínky provozu

Hlavní podmínkou ostrovního provozu je rovnost mezi vyrobenou a odebranou energií. Obchodnímu centru je nejčastěji dodávána tepelná a elektrická energie, ty se následně využívají v jednotlivých zařízeních. Pro jednoduchost byl vytvořen obrázek který popisuje ostrovní provoz (obr. 6.1).



Obr. 6.1: Energetická bilance ostrovního provozu

Ze zákona energie musí platit:

$$\sum_{i=1}^{i=n} Q_n = 0 \quad (J) \quad (6.1)$$

Z obrázku 6.1 pro ostrovní provoz musí platit následující rovnice.

$$Q_{elektrická\ dodaná} + Q_{tepelná\ dodaná} = Q_{elektrická\ spotřebovaná} + Q_{tepelná\ spotřebovaná} + Q_{ztráty} \quad (J) \quad (6.2)$$

Energie je možno rozdělit na tepelné a elektrické. S tepelnou energií v ostrovním provozu nevznikají velké problémy, při snížení a nebo krátkodobému výpadku tepelné energie. Největší problémy spojené s ostrovním provozem nastávají u elektrické energie, kdy je nutno dodržet výrobu se spotřebou v okamžitém času. Pro elektrickou energii platí následující vztah:

$$\sum P_G = \sum P_S + \sum P_Z \quad (W) \quad (6.3)$$

kde:

$\sum P_G$ sumární činný výkon dodávaný generátory (W),

$\sum P_S$ sumární činné zatížení ostrovního provozu včetně vlastní spotřeby elektrárny (W),

$\sum P_Z$ celkové ztráty v síti (W).

Zásadní rozdíl mezi synchronním provozem a ostrovním provozem je, že v synchronním propojení se mohla oblast spoléhat na výpomoc ostatních regulačních oblastí, v ostrovním provozu se musí spoléhat sami na sebe. Ostrovní provoz se vyznačuje velkými nároky na regulaci. Tato schopnost je nezbytná pro předcházení a řešení stavu nouze. Vyznačuje se značnými změnami frekvence a napětí.

7. Provozní spolupráce bioplynové stanice s obchodním centrem

Tato práce neřeší konkrétní případ obchodního centra. Byly zvoleny parametry se kterými se nejčastěji setkáváme v praxi. Mezi uvažované energie patří teplo, chlad a elektřina, které mají nejčastěji následující parametry:

- chladu 1,8 MW,
- teplo 1,4 MW,
- elektrická energie 1,2 MW.

Při volbě výkonu bioplynové stanice je nutno brát v úvahu realizovatelné hodnoty. V našich lokalitách se nejčastěji setkáváme s bioplynovými stanicemi řádově o výkonech 500 kW. Pro obchodní centrum by vyhovovala nejlépe bioplynová stanice o výkonu 1,2 MW. Z pohledu dodávaného výkonu obchodnímu centru je tento výkon velmi malý. Chybějící výkon musí být nahrazen jiným zdrojem, který bude spolupracovat s bioplynovou stanicí.

Při provozu kogenerační jednotky zpracovávající bioplyn je nutno brát v úvahu vyrobenou tepelnou energii. Tato tepelná energie je přibližně v poměru s elektrickou energií 2:1. Z těchto hodnot vychází, že bioplynová stanice o výkonu 500 kW vyrobí teplo o výkonu 1 MW. Spotřeba tepla na vlastní technologii bioplynové stanice se pohybuje v rozmezí 10-30 % z celkové produkce tepelné energie, což odpovídá 100 až 300 kW. Pro provoz je též zapotřebí elektrická energie, která se pohybuje kolem 10 % z jmenovitého výkonu, pro tento případ to je 50 kW. Z kogenerační jednotky pracující při jmenovitém výkonu jsme schopni získat výkon po celkovém odečtení následující výkony. Okamžitý výkon elektrické energie je 450kW, tepelný výkon 800 kW.

Využívání tepla z bioplynových stanic uvedených do provozu po 1. lednu 2012 je podmínkou pro poskytnutí podpory výroba a efektivní využití vyrobené tepelné energie minimálně v úrovni 10 % vůči vyrobené elektřině v daném roce, s výjimkou elektřiny pro technologickou vlastní spotřebu elektřiny a tepla. [14]

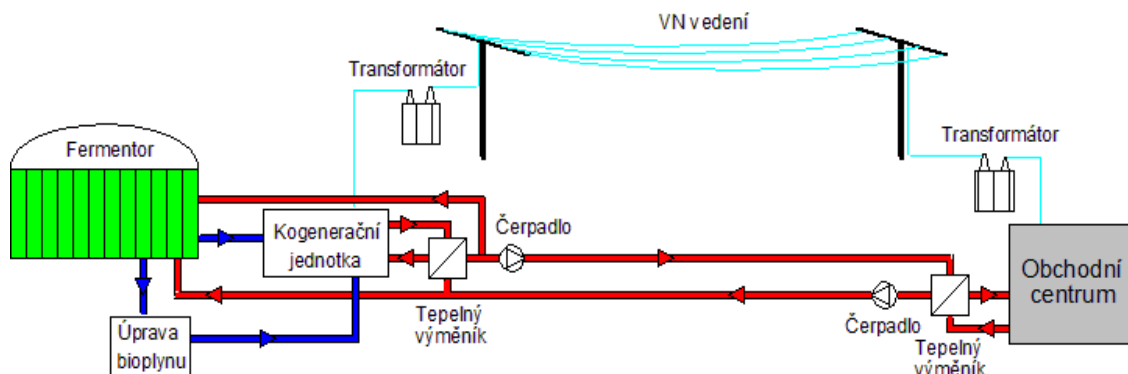
Energie z bioplynu bude využívána pro obchodní centrum v co největším rozsahu, dá se říci až 100 %. Obchodní centra jsou nejčastěji stavěna v městských oblastech, a to je největší problém. Naopak bioplynové stanice se stavějí v odlehlých místech, blízko zdroje surovin. Vzájemným propojení bioplynové stanice s obchodním centrem nastávají problémy, které je nutno vyřešit. První problém nastává se zápachem, který vzniká z technologie. Dalším významným hodnotícím kritériem je doprava substrátu. Pokud jsme nuceni jej dovážet z větších vzdáleností, dochází ke zvyšování finančních nákladů na její provoz a její celková návratnost se prodlužuje. Posledním a velice významným problémem je bezpečnost. Bioplyn obsahuje z velké části metan, který je extrémně hořlavý. Nastávají ještě další problémy, které jsou už ale méně závažné.

Řešením tohoto problému je výstavba bioplynové stanice ve větší vzdálenosti od obchodního centra. A tím nastává nový problém, kterým je doprava nosné energie do místa spotřeby. Při řešení tohoto problému, přicházejí v úvahu tři možná řešení.

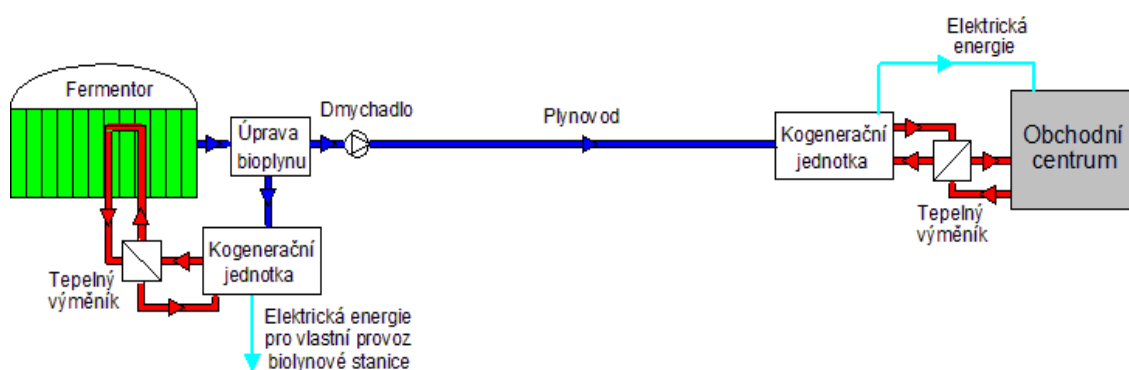
Prvním z nich je zpracování bioplynu v kogenerační jednotce v místě výroby na elektrickou a tepelnou energii obrázek 7.1. Kdy bude teplá voda následně dopravována pomocí teplovodní sítě do místa spotřeby. Naopak elektrická energie bude dodávána elektrickým vedením.

Jedno z dalších možných řešení je dodávka bioplynu z místa výroby do místa spotřeby pomocí plynovodu obrázek 7.2.

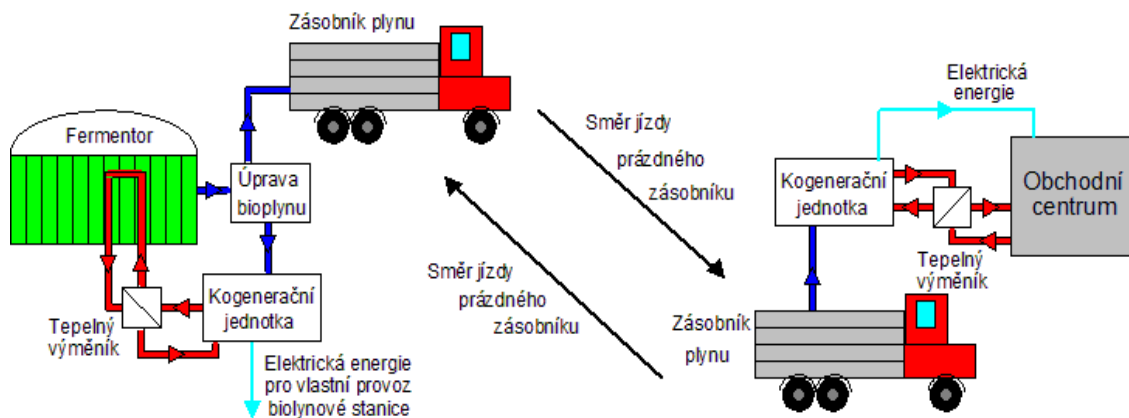
Posledním možným řešením je doprava bioplynu za pomoci virtuálního plynovodu. Ten spočívá v ukládání bioplynu do akumulčních nádrží, které jsou po naplnění přepraveny do místa spotřeby obrázek 7.3.



Obr. 7.1: Teplovodní síť a elektrické vedení



Obr. 7.2: Plynovod



Obr. 7.3: Virtuální plynovod

7.1 Parametry bioplynové stanice

Při srovnání jednotlivých metod byl zvolen bioplyn o parametrech, které jsou zobrazeny v tabulce 7.1. Množství vyrobeného bioplynu je $200 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, vzdálenost mezi obchodním centrem a bioplynovou stanicí je 4 km.

Složka	Obsah v %
Metan CH_4	55-75 %
Oxid uhličitý CO_2	22-42 %
Vodík H_2	0-3 %
Sulfan H_2S	0,1-1 %
Dusík N_2	1-3 %
Amoniak	Stopy

Tab. 7.1: Jednotlivé složky zadaného bioplynu

Minimální objemová spotřeba kyslíku pro dokonalé spálení 1 m^3 bioplynu. Při výpočtu se počítá se složením suchého ($W=0\%$) a odsířeného bioplynu.

$$\begin{aligned}
 O_{2\min} &= \left(x + \frac{y}{4}\right) \cdot C_x H_x + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S \quad (\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}) \\
 O_{2\min} &= \left(x + \frac{4}{4}\right) \cdot CH_4 + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S \\
 O_{2\min} &= 2 \cdot 0,65 + 0,5 \cdot 0,015 + 1,5 \cdot 0,006 \\
 O_{2\min} &= 1,317 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}
 \end{aligned}
 \tag{7.1}$$

Minimální spotřeba spalovacího vzduchu se určí dle vztahu 7.2.

$$\begin{aligned}
 V_{VS\min} &= \frac{100}{21} \cdot O_{2\min} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}) \\
 V_{VS\min} &= \frac{100}{21} \cdot 1,317 \\
 V_{VS\min} &= 6,271 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}
 \end{aligned}
 \tag{7.2}$$

Minimální spotřeba vlhkého spalovacího vzduchu.

$$\begin{aligned}
 V_{VV \min} &= 1,016 \cdot V_{VS \min} \\
 V_{VV \min} &= 1,016 \cdot 6,271 \\
 V_{VV \min} &= 6,371 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}
 \end{aligned}
 \tag{7.3}$$

Celkový objem vlhkých spalin, které vzniknou při spalování bioplynu s vlhkým spalovacím vzduchem je dán součtem jednotlivých složek spalin a to:

$$V_{SV \min} = V \cdot CO_2 + V \cdot H_2O + V \cdot N_2 + V \cdot SO_2 + V \cdot Ar \quad (\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3})$$

(7.4)

Jednotlivé objemové složky spalin se určí následovně:

$$\begin{aligned}
 V \cdot CO_2 &= CO_2 + CH_4 + 0,0003 \cdot V_{VS \min} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}) \\
 V \cdot CO_2 &= 0,32 + 0,65 + 0,0003 \cdot 6,271 \\
 V \cdot CO_2 &= 0,972 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}
 \end{aligned}
 \tag{7.5}$$

$$\begin{aligned}
 V \cdot H_2O &= 2 \cdot CH_4 + H_2 + H_2S + 0,016 \cdot V_{VS \min} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}) \\
 V \cdot H_2O &= 2 \cdot 0,65 + 0,015 + 0,006 + 0,016 \cdot 6,271 \\
 V \cdot H_2O &= 2,906 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}
 \end{aligned}
 \tag{7.6}$$

$$\begin{aligned}
 V \cdot N_2 &= 0,7805 \cdot V_{VS \min} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}) \\
 V \cdot N_2 &= 0,7805 \cdot 6,271 \\
 V \cdot N_2 &= 4,895 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}
 \end{aligned}
 \tag{7.7}$$

$$V \cdot SO_2 = H_2S = 0,006 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$$

(7.8)

$$\begin{aligned}
 V \cdot Ar &= 0,0092 \cdot V_{VS \min} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}) \\
 V \cdot Ar &= 0,0092 \cdot 6,271 \\
 V \cdot Ar &= 0,0577 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}
 \end{aligned}
 \tag{7.9}$$

Dosazením dílčích objemů spalín do vztahu pro výpočet objemu vlhkých spalín dosadíme do vztahu:

$$V_{SV\min} = 0,972 + 2,906 + 4,895 + 0,05577$$

$$V_{SV\min} = 8,831 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$$

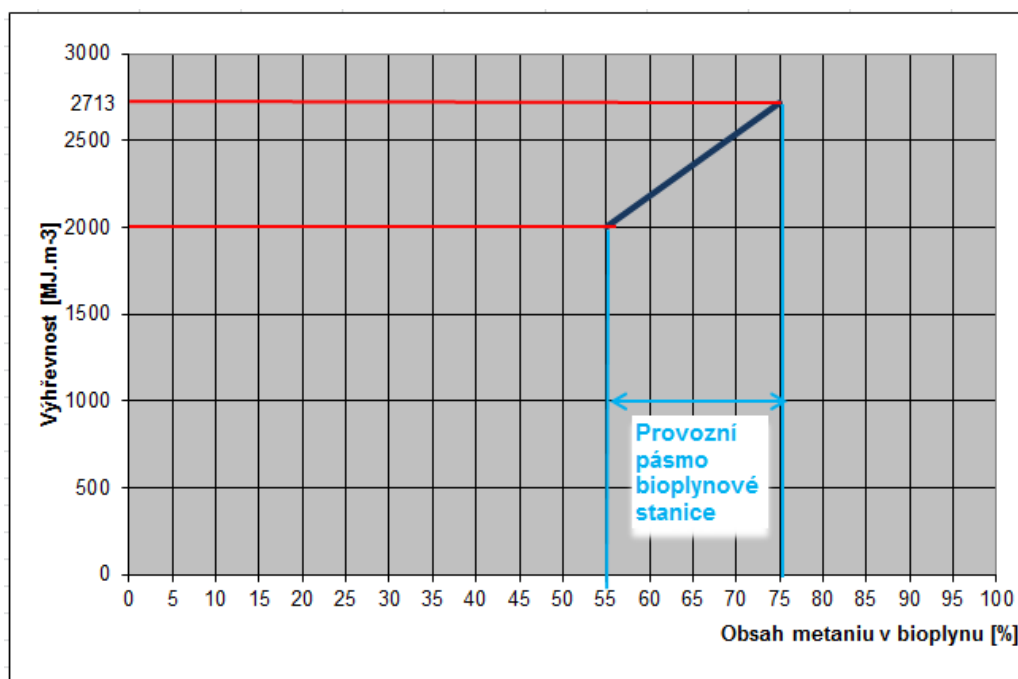
(7.10)

Výhřevnost bioplynu vychází z výhřevnosti jednotlivých spalitelných složek bioplynu a jejich objemového podílu. Při výpočtu výhřevnosti bioplynu bylo využito vztahu 7.11.

$$Q_n = 35,8 \cdot CH_4 + 10,8 \cdot H_2 + 22,8 \cdot H_2S \quad (MJ \cdot m^{-3})$$

$$Q_n = 35,8 \cdot 0,65 + 10,8 \cdot 0,015 + 22,8 \cdot 0,006 = 23,569 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$$

(7.11)



Graf. 7.1: Výhřevnost v závislosti na množství metanu

	Jednotky	Suchý bioplyn W=0%
Minimální objem suchého spalovacího vzduchu	$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$	6,271
Minimální objem vlhkého spalovacího vzduchu	$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$	6,371
Minimální objem vlhkých spalin	$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$	8,831
Výhřevnost plynu	$\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}$	23,569

Tab. 7.2: Srovnání vypočtených hodnot bioplynu za normálních podmínek

7.2 Plynovod

Při návrhu potrubí se musí vycházet z vyrobeného množství bioplynu v bioplynové stanici.

Bioplynová stanice vyrábí bioplyn o množství $200 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. To odpovídá $0,0555 \text{ Nm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Doporučená rychlost je důležitá z pohledu ceny a tlakové ztráty. Malý průměr potrubí způsobuje velké třecí ztráty. Tlak na začátku potrubí byl zvolen 40 kPa a na konci 20 kPa. Při návrhu bylo zvoleno středotlaké potrubí.

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \lambda_t \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \rho_p \quad (\text{Pa}) \quad (7.12)$$

kde:

Δpcelková tlaková ztráta (Pa),

p_1přetlak plynu v potrubí na začátku dimenzovaného úseku (Pa),

p_2 přetlak plynu v potrubí na konci dimenzovaného úseku (Pa),

λ_tsoučinitel ztráty tření (pro bioplyn $\lambda=0,02$),

ldélka úseku vedení (m),

wrychlost proudění plynu v potrubí ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), pro středotlaké potrubí je $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,

ρ_phustota plynu ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$), bioplyn $1,24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,

dvnitřní průměr potrubí (m).

Vztah 7.12 byl upraven na vztah 7.13 kdy získáme průměr plynovodu.

$$d = \frac{l \cdot \lambda_t \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho_p}{p_1 - p_2} \quad (m) \quad (7.13)$$

$$d = \frac{4000 \cdot 0,02 \cdot \frac{6^2}{2} \cdot 1,24}{40000 - 20000} = 0,09 \text{ m} \quad (7.14)$$

Po dosazení do vztahu 7.13 jsme dostali výsledek pro vnitřní průměr plynovodu, který je 0,094 m. Pro plynovod by bylo možno použít potrubí o průměru 0,11 m. Plynovodní tlakové potrubí bylo zvoleno od firmy GASCONTROL PLAST, a.s. o typu SDR 17,6 o vnitřním průměru 110 mm a tloušťce stěny 6,3 mm.

Při zjištění průřezu potrubí, je možno vypočítat tlakové ztráty vznikající v potrubí. Tlakové ztráty lze rozdělit na ztráty vznikající třením v potrubí a ztráty způsobené vlivem armatur. Ztráta tření vznikající v potrubí je popsána vzorcem 7.15, po dosazení hodnot získáme tlakovou ztrátu 16232,72 Pa. Abychom získali výslednou tlakovou ztrátu je nutno přičíst ztráty způsobující armatury a jiná přídavná zařízení praxi se uvažuje s hodnotou 20 %. Z výsledného vztahu 7.18 vychází celkové takové ztráty 19479,27 Pa. Při návrhu průřezu potrubí bylo uvažováno s tlakovou ztrátou 20 kPa, tato hodnoty jsou podobné a proto není nutno přepočítávat průřez potrubí.

$$\Delta p_{tr} = \lambda_t \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad (Pa) \quad (7.15)$$

kde:

- Δp_{tr}ztráty třením (Pa),
- λ_tsoučinitel tření (-), $\lambda=0,02$,
- ldélka potrubí (m),
- dprůměr potrubí (m),
- wrychlost proudění ($m \cdot s^{-1}$),
- ρhustota ($kg \cdot m^{-3}$).

$$\Delta p_{tr} = 0,020 \cdot \frac{4000}{0,11} \cdot \frac{6^2}{2} \cdot 1,24 = 16,23 \text{ kPa} \quad (7.16)$$

$$\Delta p = \Delta p_{tr} \cdot 1,2 \quad (\text{kPa}) \quad (7.17)$$

Kde Δp je celková ztráta vznikající třením, která je v kPa.

$$\Delta p = 16,23 \cdot 1,2 = 19,48 \text{ kPa} \quad (7.18)$$

Dmychadlo

Při dopravě bioplynu za pomoci potrubí vytvořit na začátku přepravního potrubí tlak. Toho lze dosáhnout dmychadlem. Pro tuto aplikaci bylo zvoleno Rootsovo dmychadlo. Při volbě je nutno dodržet tlak a objemový průtok. Bylo zvoleno dmychadlo typu 3D28B-040 od firmy Kubiček VHS, parametry jsou v tabulce 7.1.

Q	Objemový průtok na sání	3,46 m ³ .min ⁻¹
Δp	Tlaková difference	40 kPa
n2	Otáčky dmychadla	3295 min ⁻¹
n1	Otáčky na sání	2900 min ⁻¹
P2	Příkon dmychadla	3,38 kW
P1	Výkon elektromotoru	5,5 kW

Tab. 7.3: Dmychadlo Kubiček VHS 3D28B-040

Kogenerační jednotka

Zpracování bioplynu je provedeno v kogenerační jednotce. Při volbě této jednotky je nutno se řídit množstvím vyrobeného bioplynu z bioplynové stanice, které je 200 Nm³.h⁻¹. Dalším důležitým parametrem je procentní zastoupení metanu v množství bioplynu. Poskytnutý bioplyn se pohybuje v procentním zastoupení od 55 % do 75 %. Průměrný obsah metanu v bioplynu je 65%. Volba velikosti a počtu kogeneračních jednotek patří mezi jeden z hlavních problémů. Jedna z hodnotících hledisek je ekonomika, se kterou silně souvisí volba jednotky. Nejlevnější metodou je zvolit jednu jednotku danému než více jednotek o menších výkonech. Z pohledu dodávky výkonu a spolehlivosti je nejlepší použít více menších jednotek než pouze jednu velkou. Výroba bioplynu je velmi chemický složitý proces, který je závislý na mnoha faktorech. Při

nastání jakéhokoliv problému by mohlo dojít k částečné a nebo i k úplnému snížení výroby bioplynu. Při takovémto problému by vyprojektovaná kogenerační jednotka musela být odstavená, a to by mělo zásadní vliv na ekonomiku realizovaného projektu. Z těchto důvodů budou vybrány dvě kogenerační jednotky různých výkonech, ale při celkovém součtu budou odpovídat jmenovitému výkonu. Kogenerační jednotky byly vybrány od firmy Tedom a.s., Jednou z nich je o typu CENTO T120 a druhá typu QUANTO D400, jejich parametry jsou v tabulce 8.3 a 8.4.

Spalovací médium	bioplyn s obsahem metanu 65 %
Spotřeba plynu	52,1 Nm ³ .h ⁻¹
Elektrický výkon	125 kW
Elektrická účinnost	36,9 %
Tepelný výkon	167 kW
Tepelná účinnost	49,2 %
Celková účinnost	86,1 %

Tab. 7.4: Kogenerační jednotka typu CENTO T120

Spalovací médium	bioplyn s obsahem metanu 65 %
Spotřeba plynu	144 Nm ³ .h ⁻¹
Elektrický výkon	400 kW
Elektrická účinnost	42,8 %
Tepelný výkon	425 kW
Tepelná účinnost	45,5 %
Celková účinnost	88,2 %

Tab. 7.5: Kogenerační jednotka typu QUANTO D400

Dodávka tepelné a elektrické energie.

Množství vyrobené elektrické a tepelné energie je rozděleno do dvou částí a to podle jednotlivých kogeneračních jednotek. Při výpočtu je uvažováno při 8000 provozních hodin. Kdy je nutno uvažovat s odstávkami, z důvodu pravidelné údržby a revizích.

$$W_E = P_E \cdot t \quad (kWh) \quad (7.19)$$

kde:

W_Eelektrická práce (kWh),

P_Eelektrický výkon (kW),

tčas (h).

$$W_T = P_T \cdot t \quad (kWh) \quad (7.20)$$

kde:

W_Ttepelná práce (kWh),

P_Ttepelný výkon (kW).

Jednotka CENTO T120

$$W_{E\ CENTO} = 125 \cdot 8000 = 1000000 \quad kWh \quad (7.21)$$

$$W_{T\ CENTO} = 167 \cdot 8000 = 1336000 \quad kWh \quad (7.22)$$

Jednotka QUANTO D400

$$W_{E\ QUANTO} = 400 \cdot 8000 = 3200000 \quad kWh \quad (7.23)$$

$$W_{T\ QUANTO} = 425 \cdot 8000 = 3400000 \quad kWh \quad (7.24)$$

Celkový součet elektrické a tepelné energií:

$$W_{E\ celková} = W_{E\ CENTO} + W_{E\ QUANTO} = 4200000 \quad kWh \quad (7.25)$$

$$W_{T\ celková} = W_{T\ CENTO} + W_{T\ QUANTO} = 4736000 \quad kWh \quad (7.26)$$

7.3 Teplovodní síť a elektrické vedení

Je jednou z uvažovaných variant při zajišťování dodávky tepelné a elektrické energie. Kogenerační jednotka u této metody se nachází přímo v místě výroby bioplynu. Kdy tepelná energie je přenášena za pomoci teplovodního potrubí. Při návrhu kogenerační jednotky je možno využít stejných typů kogentních jednotek jako u předchozí metody.

Kogenerační jednotka je zdrojem velkého množství tepla, ale o nízkoteplotním potenciálu. Na výstupu z kogenerační jednotky získáváme teplou vodu o 90°C. Zpátky vstupuje voda o teplotě 60°C.

Při výpočtu je nutno dodržet vyhlášku č. 193/2007 Sb. která se stanovuje podrobnosti z hlediska účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu

7.3.1 Návrh elektrického vedení

Přenášený elektrický výkon, při sečtení dvou napájecích jednotek má výkon 525 kW. Kogenerační jednotky vyrábí elektrickou energii o napětíové hladině 400 V sdruženého napětí. Z důvodu efektivního přenosu elektrické energie je zapotřebí zvýšit napětí na 6 kV. Zvýšení napětí bude provedeno pomocí transformátoru v místě výroby. V místě spotřeby bude sníženo napětí na původních 400 V.

Jedním z prvních kroků návrhu elektrického vedení je nutno si vypočítat elektrický proud, který bude protékat vedením, ten se spočítá dle vztahu 7.27.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} \quad (A) \quad (7.27)$$

kde:

Ielektrický proud (A),

Pelektrický výkon (W),

U_snapětí sdružené (V),

$\cos \varphi$elektrický účinník (-).

Ve výpočtu bude uvažováno s účinníkem 0,95.

$$I = \frac{525000}{\sqrt{3} \cdot 600 \cdot 0,95} = 53,17 \text{ A} \quad (7.28)$$

Pro vedení VN se doporučuje úbytek napětí 5 %, to odpovídá 300 V. Průřez kabelu je vypočteno podle vztahu 7.29. Bude uvažováno s kabelem z mědi. Ve výpočtu se zanedbává reaktance vedení.

$$S = \frac{2 \cdot \rho}{\Delta U_{DOV}} \cdot l \cdot I \quad (mm^2) \quad (7.29)$$

kde:

Sprůřez vodiče (mm^2),

ρměrný odpor vodiče ($\Omega \cdot m^2 \cdot m^{-1}$), $\rho = S^{-1}$, $S_{Cu} = 57$,

ΔU_{DOV}dovolený úbytek na vedení (pro 6 kV- $\Delta U_{DOV} = 300V$),

ldélka vedení (m).

$$S = \frac{2}{57 \cdot 300} \cdot 4000 \cdot 53,17 = 24,87 \text{ mm}^2 \quad (7.30)$$

Tomuto průřezu odpovídá z nejbližší řady průřez 25 mm^2 . Při této realizaci jsou zapotřebí dva transformátory první z nich by měnil napětí 400 V na 6 kV a druhý snižoval napěťovou hladinu z 6 kV na 400 V. Pokud by se neprovedla změna napěťové hladiny na 6 kV tak by bylo nutno použít kabel o průřezu až $5597,54 \text{ mm}^2$. Tento průřez by byl velmi neekonomický.

7.3.2 Výpočet teplovodu

Kogenerační jednotky, které jsou zdrojem tepla, mají celkový tepelný výkon 592 kW. Tato jednotka má na výstupu teplotu 90 °C a na vstupu 70 °C, využitelná část teplota je velmi nízká. Teplotního spád, který je možno využít je 20 °C. Ten je nutno rozdělit do tří hlavních částí. První část je využita v obchodním centru ve formě vytápění a jiným účelům. Další dvě části jsou zastoupeny ve ztrátách v přívodním a odvodním potrubí teplovodu.

Pro zjištění průřezu potrubí je nutno vypočítat tepelnou kapacitu vody, která bude pracovat jako teplotonosné médium.

$$Q = \dot{m} \cdot c \cdot (t_1 - t_2) \quad (J) \quad (7.31)$$

kde:

Q.....tepelná kapacita (J),

c.....měrná tepelná kapacita ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$), $c_{H_2O} = 4,18 \text{ kJ} \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$,

\dot{m} hmotnostní tok ($kg \cdot s^{-1}$),

t_1teplota na vstupu (°C), ($t_1 = 90^\circ C$),

t_2teplota na výstupu (°C), ($t_2 = 70^\circ C$).

Vztah 7.31 upravíme na následující vztah:

$$\dot{m} = \frac{Q}{c \cdot (t_1 - t_2)} \quad (kg \cdot s^{-1}) \quad (7.32)$$

$$\dot{m} = \frac{2131200000}{4180 \cdot (90 - 70)} = 25492,82 \text{ kg} \cdot h^{-1} \cong \dot{V} = 7,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot s^{-1} \quad (7.33)$$

Při výpočtu je uvažováno s rychlostí proudění $1 \text{ m} \cdot s^{-1}$. Objem vody v délce 1 m se vypočte podle vztahu 7.34.

$$V = \dot{V} \cdot w \quad (m^3) \quad (7.34)$$

kde:

Vobjem (m^3),

\dot{V} objemový průtok ($m^3 \cdot s^{-1}$).

$$V = 7,08 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 7,08 \cdot 10^{-3} m^3 \quad (7.35)$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l \quad (m^3 \cdot s^{-1}) \quad (7.36)$$

kde:

Vobjem potrubí (m^3),

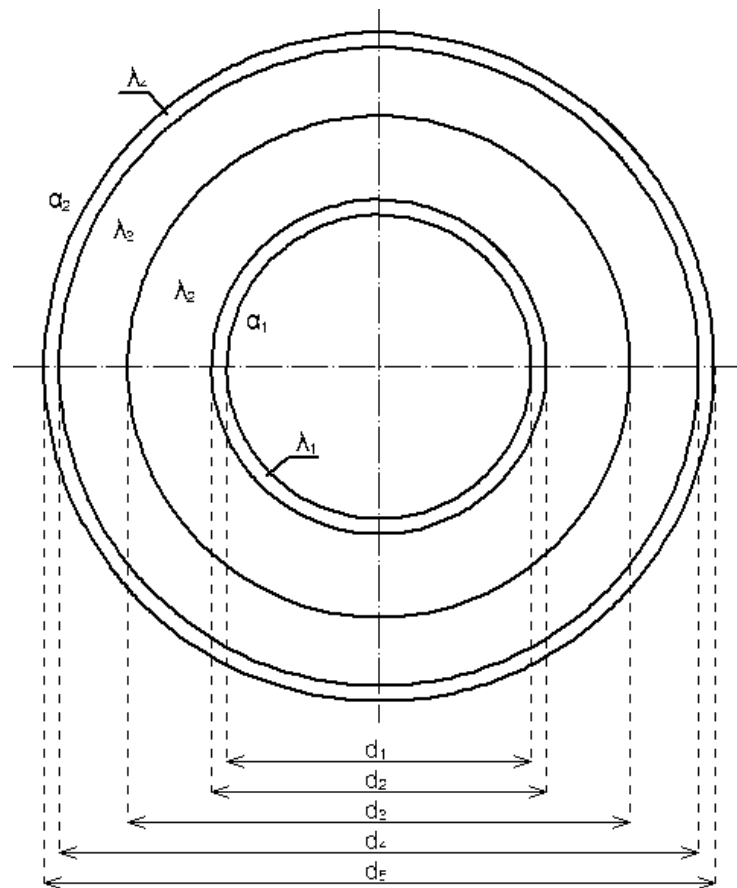
rpoloměr potrubí (m),

wrychlost proudění tekutiny ($m \cdot s^{-1}$).

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi}} \quad (m) \quad (7.35)$$

$$r = \sqrt{\frac{7,08 \cdot 10^{-3}}{\pi}} = 0,047 m \quad (7.36)$$

Poloměr potrubí vychází 0,047 m, proto volíme potrubí o průměru 100 mm. Od výrobce IZO spol. s r.o. jsme zvolili předizolované potrubí. Parametry potrubí jsou: $d_1=100$ mm, $d_2=108$ mm, $d_3=188$ mm, $d_4=270$ mm, $d_5=280$ mm. Součinitel tepelné vodivosti: $\lambda_1=100$ W.m⁻¹.K⁻¹, $\lambda_2=0,05$ W.m⁻¹.K⁻¹, $\lambda_3=0,06$ W.m⁻¹.K⁻¹, $\lambda_4=0,8$ W.m⁻¹.K⁻¹. Součinitel přestupu tepla $\alpha_1=1700$ W.m⁻².K⁻¹, $\alpha_2=80$ W.m⁻².K⁻¹. Řez potrubí s jednotlivými parametry je na obrázku 7.4.



Obr. 7.4: Řez potrubím

$$k = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \alpha_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_2} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \ln \frac{d_4}{d_3}} +$$

$$+ \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \ln \frac{d_5}{d_4} + \frac{1}{2 \cdot \alpha_2}} \quad (W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})$$

(7.37)

$$k = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 1700} + \frac{1}{2 \cdot 100} \cdot \ln \frac{0,108}{0,1} + \frac{1}{2 \cdot 0,05} \cdot \ln \frac{0,188}{0,108} + \frac{1}{2 \cdot 0,06} \cdot \ln \frac{0,27}{0,188}} +$$

$$+ \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,8} \cdot \ln \frac{0,28}{0,27} + \frac{1}{2 \cdot 80}} = 0,36 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$$

(7.38)

Teplo vody na konci potrubí v místě spotřeby se vypočte podle vztahu (7.39).

$$t''_1 = t_2 + (t'_1 - t_2) \cdot e^{-\frac{k \cdot l}{\dot{m} \cdot c}} \quad (^\circ\text{C}) \quad (7.39)$$

kde:

t''_1 teplota vody na konci potrubí ($^\circ\text{C}$)

t'_1 teplota vody na začátku potrubí ($^\circ\text{C}$),

t_2 okolní teplota ($^\circ\text{C}$),

k součinitel tepelné vodivosti ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$),

l délka potrubí (m),

\dot{m} hmotový tok vody ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$),

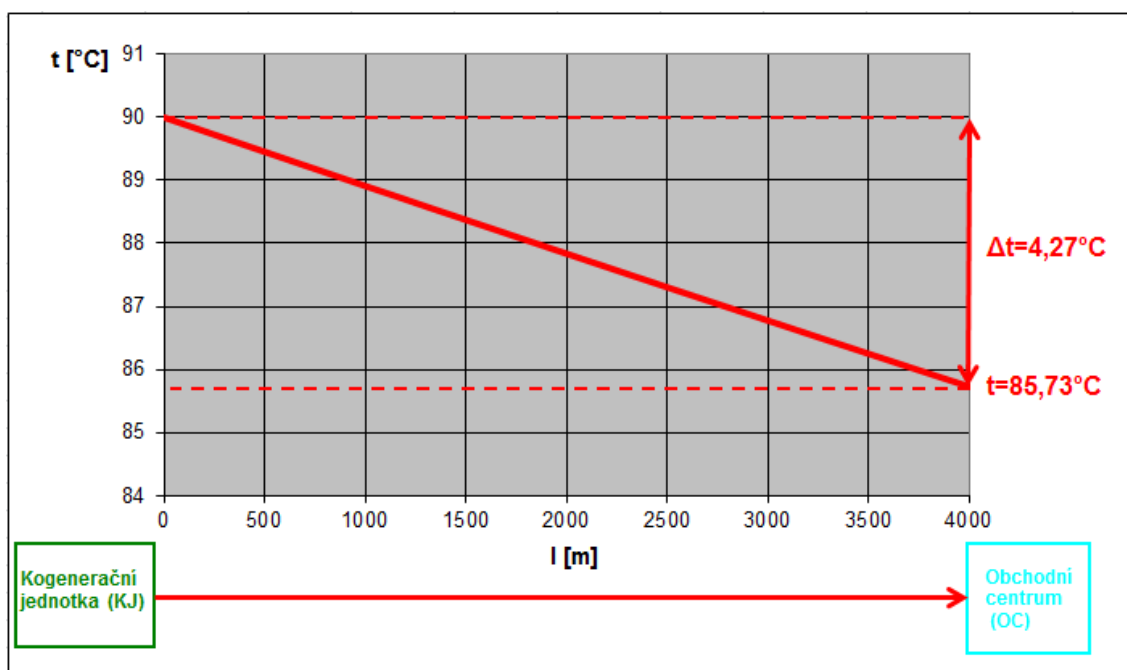
c měrná tepelná kapacita ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).

$$t''_1 = 0 + (90 - 0) \cdot e^{-\frac{0,36 \cdot 4000}{7,08 \cdot 4187}} = 85,73 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7.40)$$

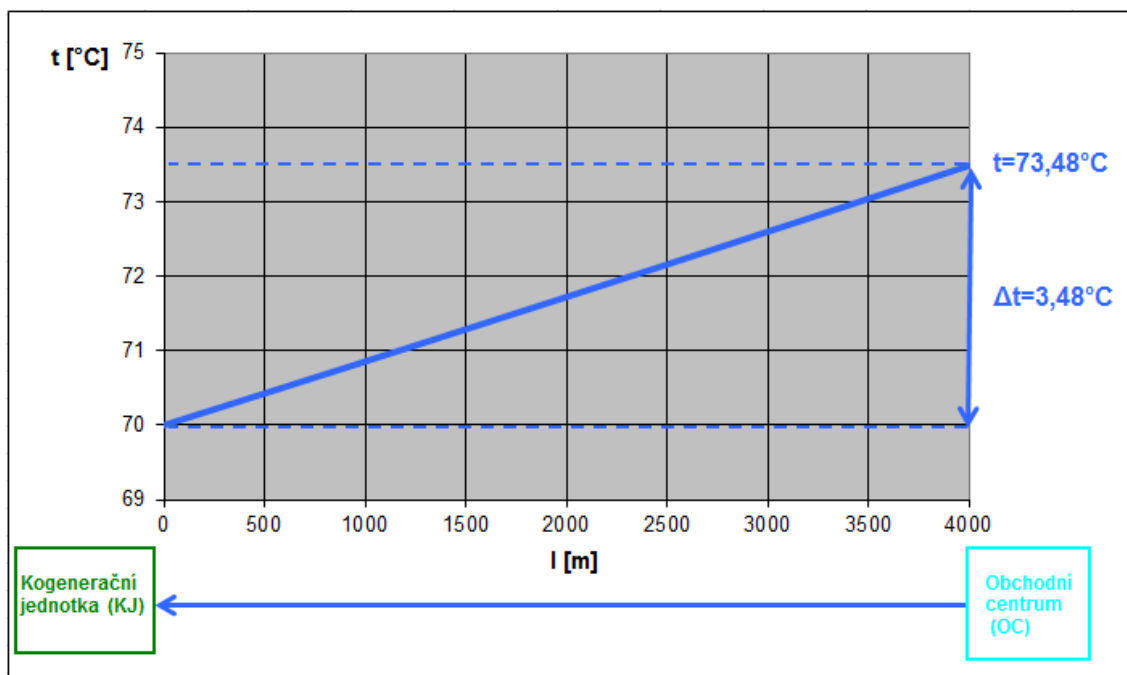
Výsledná teplota vody na výstupu v přírodním potrubí v místě spotřeby je $85,73 \text{ } ^\circ\text{C}$, teplota se sníží o $4,27 \text{ } ^\circ\text{C}$. Teplota vody ve výstupním potrubí se vypočte také podle vztahu (7.39), pouze má kladný exponent, místo záporného. (7.41).

$$t''_1 = 0 + (70 - 0) \cdot e^{\frac{0,36 \cdot 4000}{7,08 \cdot 4187}} = 73,48 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7.41)$$

Teplotní úbytek ve výstupním potrubí se změní o $3,48 \text{ } ^\circ\text{C}$. Pro názorný průběh teplot v potrubí byly vytvořeny obrázky 7.5. a 7.6. Z obrázků je možno pozorovat, že teplotní úbytky mají lineární průběhy, ale ve skutečnosti jsou tyto průběhy exponenciální. To je způsobeno malým teplotním poklesem vody v závislosti na čase.



Obr. 7.5: Průběh teploty ve vstupním potrubí teplovodu



Obr. 7.6: Průběh teploty ve výstupním potrubí teplovodu

Tepelné ztráty v teplovodu se vypočítají z tepelné bilance podle vztahu (7.42). Tepelná ztráta ve vstupním potrubí je vypočteno za pomoci vztahu 7.43, které je 126,5 kW. Ztráty spojené s výstupním potrubí jsou 103,29 kW (vztah 7.44).

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot (t'_1 - t''_1) \quad (W) \quad (7.42)$$

$$\dot{Q}_{vstup} = 7,08 \cdot 4187 \cdot (90 - 85,73) = 126,5 \text{ kW} \quad (7.43)$$

$$\dot{Q}_{vystup} = 7,08 \cdot 4187 \cdot (73,48 - 70) = 103,29 \text{ kW} \quad (7.44)$$

Celkové tepelné ztráty spojené s teplovodem je 229,79 kW. Při srovnání s dodávanou energií z kogeneračních jednotek, která je 592 kW. Tak můžeme říci, že teplovod má účinnost 61,18 %. Při provozu teplovodu je nutno přičíst tepelné ztráty vznikající ve výměnících, v přírubách a jiných zařízeních spojených s přenosem tepelné energie. Sečtením těchto ztrát se dostane pod účinnost, než kterou jsme vypočetli.

Tento způsob metody dopravy tepla je velmi náročný a to hned z několika hledisek. První z nich je spojená s izolací potrubí, která by musela být velmi velká a s tím jsou spojeny velké investice. Další část problémů spojená s teplovodem vzniká z pohledu účinnosti a poslední největší problém nastává s poklesem teploty.

7.4 Virtuální plynovod

Jednou z dalších možností je virtuální plynovod, který spočívá v přerušované dopravě. Při realizaci této metody využíváme vysokotlakých zásobníků, do kterých je ukládán plyn. Velkou výhodou je, že není propojena výroba bioplynu se spotřebou, žádným plynovodem, elektrickým vedením a nebo teplovodem.

Při návrhu virtuálního plynovodu byl zvolen dopravní Trajler 114x148L od Vítkovice Doprava, a.s. Technické parametry jsou zobrazeny v tabulce 7.6 a pro představu takového dopravníku je vyobrazen na obrázku 7.7.

Vodní objem jedné lahve	148 l
Počet ocelových lahví	114 ks
Schválení	TPED, ADR
Celkový vodní objem trajleru	16.872 L
Celkový objem plynu	cca 3.600 Nm ³ (při 200 bar a 15°C)
Pracovní/testovací tlak	250/375 Bar
Médium	metan (CNG / CBG)
Materiál	34CrMo4
Typ materiálu lahví	34CrMo4
Typ materiálu pro propojovací potrubí	nerezová ocel
Povrchová úprava konstrukce	zinkování
Certifikace	TPED / ADR
Rozměry	cca 3.2 x 2.5 x 11.2 m (VxŠxD)
Váha	cca 33 tun (včetně plynu)
Počet sekcí	5

Tab. 7.6: Technické parametry trajler 114x148L [16]



Obr. 7.7: Trajlerový vůz 114x148L [17]

Při návrhu virtuálního plynovodu bylo nutno zjistit, za jak dlouho se zásobník naplní a kolik těchto jednotek bude zapotřebí. Vztah 7.45 popisuje dobu naplnění jednoho zásobníku při zadané dodávce plynu ($200 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$).

$$t_{plnění} = \frac{V_{Trajler\ 114 \times 148L}}{V_{CH_4}} \quad (h) \quad (7.45)$$

kde:

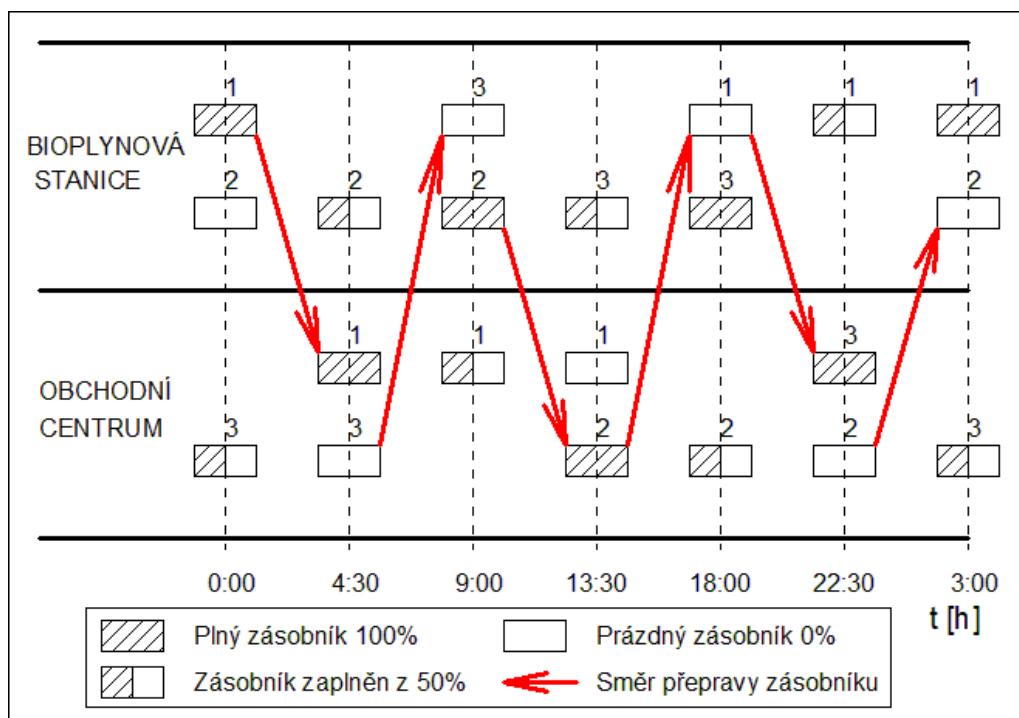
$t_{plnění}$čas naplnění trajleru 114x148L (h),

$V_{Trajler\ 114 \times 148L}$celkový objem zásobníku (Nm^3),

V_{CH_4}množství vyrobeného bioplynu ($Nm^3 \cdot h^{-1}$).

$$t_{plnění} = \frac{3600}{200} = 18 \text{ h} \quad (7.46)$$

Trajler 114x148L je naplněn plynem za 18 h, ve výpočtu nejsou zahrnuty poruchy a jiné problémy spojené s plněním. Vzdálenost mezi uvažovaným zdrojem plynu a jeho využíváním jsou 4 km. Pro přepravu je zapotřebí použít kamion, který bude provádět přesun zásobníků. Při návrhu je nutno vědět, za jak dlouho bude trvat přeprava zásobníku a jeho následné odpojení a připojení k danému zařízení. V tomto návrhu je počítáno s 30 minutami, které zahrnují odpojení od zařízení, přepravu a jeho následné připojení k zařízení. Pro názornou představu bylo vytvořeno simulační schéma, které popisuje přepravu jednotlivých zásobníků, které je zobrazeno na obrázku 7.8. Při simulaci bylo použito co nejmenší počet zásobníků, pomocí kterých lze zaručit plynulý provoz. Pro tento návrh bylo využito tří zásobníků, které jsou postupně přesouvány. Z bioplynové stanice do obchodního centra jsou přepravovány plné zásobníky a prázdné jsou přepravovány opačným směrem.



Obr. 7.8: Simulace přepravy zásobníku a jeho změny v závislosti na čase

Velkou výhodou virtuálního plynovodu je jeho cena, která má malé pořizovací náklady ve srovnání s plynovodem a teplovodem spolupracující s elektrickým vedením. Naopak během celé doby jeho využívání jsou finanční náklady téměř stejné jako pořizovací náklady.

Tento návrh řeší pouze plynulý provoz, kdy dodávka a odběr plynu je konstantní. V praxi je nutno počítat s problémy, které mohou nastat z pohledu dodávky plynu, odběru, přepravy atd. Při uvedení takového projektu je nutno počítat s větším počtem zásobníků, které budou k dispozici. Tyto zásobníky jsou výhodné především pro dodávku a nebo odběr. Při kombinaci se dvěma závislými hodnotami tak mohou nastat velké problémy. Virtuální plynovod není vhodný pro trvalou spolupráci bioplynové stanice s obchodním centrem. Naopak by bylo vhodné ho využívat jako náhradní přepravu bioplynu s kombinací s plynovodem. Toho by se využívalo při poruchách a nebo odstávkách plynovodu.

Při využití byly vypočteny náklady, které by řešily aplikaci tohoto zásobníku při jeho jednoměsíčním provozu. Ty jsou zobrazeny v tabulce 7.7. Ve výpočtu bylo počítáno se třemi zásobníkovými jednotkami. Celkové měsíční náklady jsou 531 000 Kč.

Položka	Množství	Cena	Celková cena
Trajler 114x148L	3	99 000 Kč	297 000 Kč
Auto	1	100 000 Kč	100 000 Kč
Pohonné hmoty		50 000 Kč	50 000 Kč
Řidič	3	28 000 Kč	84 000 Kč
CELKOVÉ NÁKLADY			531 000 Kč

Tab. 7.7: Měsíční náklady spojené s provozem virtuálního plynovodu

7.5 Zhodnocení

Při zhodnocení jednotlivých metod je nutno posoudit jednotlivé výhody a nevýhody. Mezi jednou z uvažovaných metod je plynovod. Největší problémy spojené s plynovodem jsou velké pořizovací náklady, při provozování plynovodu nevznikají velké náklady. Ty jsou spojeny zejména s provozem turbokompresoru a pravidelnou údržbou.

Další uvažovanou metodou je teplovod s elektrickým vedením. Při aplikaci této metody je nutno zvýšit napětíovou hladinu z 400 V na 6 kV, a to z důvodu ztrát vlivem přenosu elektrické energie. Při návrhu teplovodu bylo zvoleno potrubí, které se používají pro tyto aplikace. Při vyhodnocení teplovodu vznikají ztráty 229,79 kW, jeho účinnost je 61,18 %. Dalším velkým problémem spojeným s teplovodem je pokles teploty vody v potrubí. Při aplikování teplovodu, by bylo nutno zvýšit tepelnou izolaci potrubí, ale ta je v přímé úměře s cenou a to by bylo neekonomické.

Poslední uvažovanou metodou je virtuální plynovod. Ten byl navržen pro danou aplikaci. Velkou nevýhodou je závislost na plynulém chodu. Při změně dodávky plynu by mohlo dojít k narušení celého systému. Mezi další metody ovlivňující chod virtuálního plynovodu je doprava a lidský faktor.

Nejlépe ze všech metod vyhovuje plynovod, který je v následující kapitole hodnocen z pohledu ekonomického.

8. Ekonomické zhodnocení

Hlavní částí každého ekonomického zhodnocení je srovnání nákladů a výnosů spojených s provozem zařízení. Z důvodu velmi vysokých počátečních investic je pochopitelné, že je třeba brát v úvahu návratnost vložených finančních prostředků až po několika letech. Bylo tedy třeba provést budoucí kalkulaci výnosů a nákladů a následně vyhodnotit návratnost vloženého kapitálu. Vzhledem k tomu, že nemáme k dispozici rozvahovou bilanci konkrétní firmy, bylo třeba tuto návratnost řešit obecnějším způsobem, nikoliv využitím např. účetní rozvahy, výkazu zisku a ztrát a cash flow.

8.1 Ekonomické zhodnocení plynovodu

Jednou z možných řešení spolupráce bioplynové stanice s obchodním centrem je plynovod, který spojuje tyto dvě jednotky. Při zhodnocení ekonomické návratnosti je nutné provést kalkulaci celkových nákladů, a to včetně investičních nákladů, a předpokládaných příjmů pro dané roky provozu plynovodu.

Investiční náklady jsou zobrazeny v tabulce 8.1, kde jsou popsány jednotlivé položky, se kterými je uvažováno. Mezi základní položky z pohledu ceny jsou kogenerační jednotky. Cena kogenerační jednotky typu CENTO T120 je 2 000 000 Kč a QUANTO D400 je 8 300 000 Kč. Celková cena počátečních nákladů je 16 096 000 Kč. Ceny jednotlivých položek byly zjištěny od výrobců a je nutno je brát jako orientační, které by se neměly významných způsobe změnit.

Položka	množství	cena	celková cena
Kogenerační jednotka CENTO T120	1	2 400 000 Kč	2 400 000 Kč
Kogenerační jednotka QUANTO D400	1	8 300 000 Kč	8 300 000 Kč
Propojení kogeneračních jednotek	1	420 000 Kč	420 000 Kč
Potrubí SDR 17,6 d=110 mm	4000	169 Kč	676 000 Kč
Výkopové práce	4000	350 Kč	1 400 000 Kč
Instalace plynovodu		2 000 000 Kč	2 000 000 Kč
Armatury k plynovodu		100 000 Kč	100 000 Kč
Příslušenství k plynovodu		100 000 Kč	100 000 Kč
Dmýchadlo	1	700 000 Kč	700 000 Kč
CELKOVÉ POČÁTEČNÍ NÁKLADY			16 096 000 Kč

Tab. 8.1: Jednotlivé investiční náklady

Při zhodnocení je nutno počítat s fixními náklady, které mají významný vliv na návratnost a dosahované zisky, popř. ztráty. Ty jsou uvedeny v tabulce 8.2. Jednotlivými položkami jsou preventivní údržba, mzda, energie a palivo. Nejvýznamnější položkou jak z hlediska finanční náročnosti, tak provozu, je palivo (bioplyn).

Náklady spojené s palivem (bioplynem) jsou zobrazeny v tabulce 8.3, ve výpočtu je uvažováno s výkupní cenou 8,50 Kč za 1 m³ bioplynu. Náklady jsou rozděleny na měsíční a roční. Roční náklady činí 13 966 000 Kč.

Položka	MĚSÍČNĚ	ROČNĚ
Preventivní údržba	8 000 Kč	96 000 Kč
Mzda (1 pracovník)	10 000 Kč	120 000 Kč
Energie	12 500 Kč	150 000 Kč
Palivo	1 133 333 Kč	13 600 000 Kč
CELKOVÉ FIXNÍ NÁKLADY	1 163 833 Kč	13 966 000 Kč

Tab. 8.2: Jednotlivé fixní náklady

Spotřeba plynu	Doba provozu	Roční spotřeba plynu	Cena paliva (bioplynu)	Výdaje
[m ³ .h ⁻¹]	[h]	[m ³]	[Kč.m ⁻³]	[Kč]
200	8000	1600000	8,5	13 600 000 Kč

Tab. 8.3: Náklady za palivo

Výnosy při této realizaci jsou spojeny s tepelnou a elektrickou energií, které jsou následně vykupovány. Při výpočtech předpokládáme, že jednotka bude ročně pracovat 8 000 provozních hodin. Výkupní cena elektrické energie je 3550 Kč.MWh⁻¹, tato cena platí pro zdroje spalující bioplyn uvedené do provozu od 1.1.2013. Cenu za tepelnou energii jsme si určili na 100 Kč.GJ⁻¹.

Elektrická energie	Množství vyrobené energie		Výkupní cena	Celková cena
	kWh	MWh	Kč.MWh ⁻¹	Kč
	4200000	4200	3550	14 910 000 Kč
Tepelná energie	Množství vyrobené energie		Výkupní cena	Celková cena
	kWh	GJ	Kč.GJ ⁻¹	Kč
	4736000	17035,97	100	1 703 597 Kč
CELKOVÉ VÝNOSY				16 613 597 Kč

Tab. 8.4: Jednotlivé výnosy

Zhodnocení návratnosti spočívá ve vyčíslení celkových nákladů a celkových výnosů dle jednotlivých let. Zároveň jsme nezapomněli každoročně připočíst předpokládanou míru inflace, tedy 3%. Jak lze z tabulky vidět, doba návratnosti se pohybuje do 5 let. Při těchto prvních 5 letech provozu lze vidět, jak se velmi výrazně projevují vysoké investiční náklady potřebné k realizaci projektu. V 6. roce se předpokládá, že jednotka začne být finančně nezávislá a v 10. roce lze očekávat zisk Kč 14 255 732,-. Vzhledem k životnosti plynovodu, která se pohybuje kolem 30 let, je 5 let návratnosti naprosto zanedbatelné období.

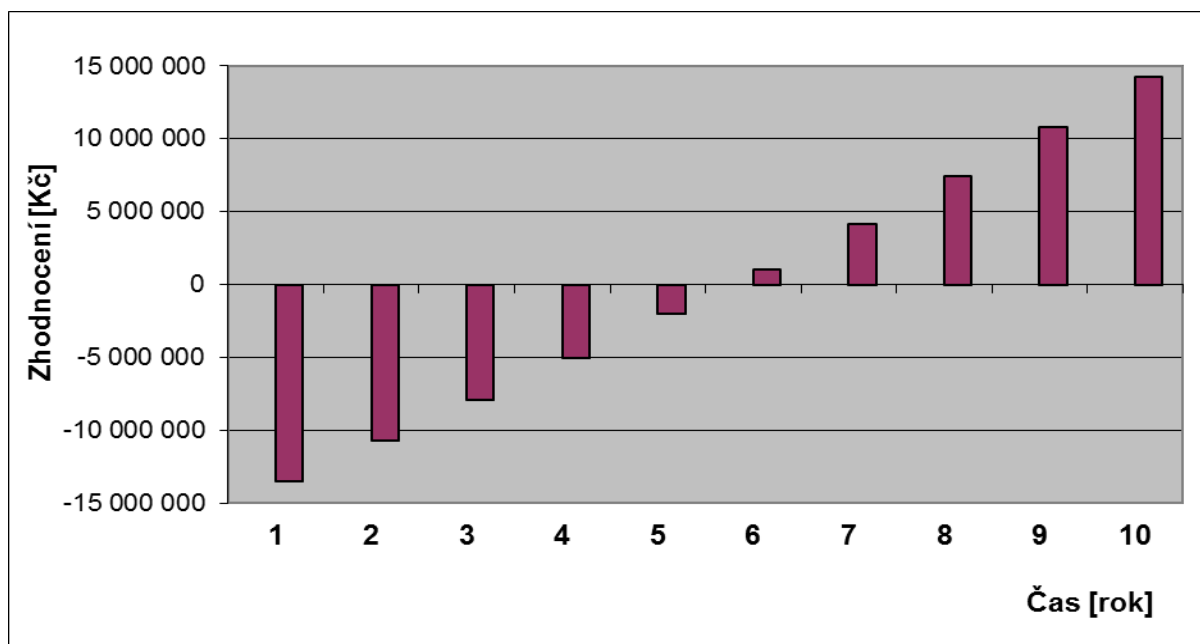
	1. ROK	2. ROK	3. ROK	4. ROK	5. ROK
CELKOVÉ NÁKLADY	30 062 000 Kč	14 384 980 Kč	14 816 529 Kč	15 261 025 Kč	15 718 856 Kč
FIXNÍ NÁKLADY	30 062 000 Kč	14 384 980 Kč	14 816 529 Kč	15 261 025 Kč	15 718 856 Kč
Preventivní údržba	96 000 Kč	98 880 Kč	101 846 Kč	104 902 Kč	108 049 Kč
Mzda (1 pracovník)	120 000 Kč	123 600 Kč	127 308 Kč	131 127 Kč	135 061 Kč
Elektrická energie	150 000 Kč	154 500 Kč	159 135 Kč	163 909 Kč	168 826 Kč
Palivo	13 600 000 Kč	14 008 000 Kč	14 428 240 Kč	14 861 087 Kč	15 306 920 Kč
Investiční náklady	16 096 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
CELKOVÉ VÝNOSY	16 613 597 Kč	17 112 005 Kč	17 625 365 Kč	18 154 126 Kč	18 698 750 Kč
CELKOVÁ (-) ZTRÁTA / (+) ZISK	-13 448 403 Kč	-10 721 378 Kč	-7 912 542 Kč	-5 019 442 Kč	-2 039 548 Kč

Tab. 8.5: Zhodnocení návratnosti v prvních pěti letech

	6. ROK	7. ROK	8. ROK	9. ROK	10. ROK
CELKOVÉ NÁKLADY	16 190 422 Kč	16 676 134 Kč	17 176 418 Kč	17 691 711 Kč	18 222 462 Kč
FIXNÍ NÁKLADY	16 190 422 Kč	16 676 134 Kč	17 176 418 Kč	17 691 711 Kč	18 222 462 Kč
Preventivní údržba	111 290 Kč	114 629 Kč	118 068 Kč	121 610 Kč	125 258 Kč
Mzda (1 pracovník)	139 113 Kč	143 286 Kč	147 585 Kč	152 012 Kč	156 573 Kč
Elektrická energie	173 891 Kč	179 108 Kč	184 481 Kč	190 016 Kč	195 716 Kč
Palivo	15 766 127 Kč	16 239 111 Kč	16 726 285 Kč	17 228 073 Kč	17 744 915 Kč
Investiční náklady	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
CELKOVÉ VÝNOSY	19 259 712 Kč	19 837 504 Kč	20 432 629 Kč	21 045 608 Kč	21 676 976 Kč
CELKOVÁ (-) ZTRÁTA / (+) ZISK	1 029 743 Kč	4 191 112 Kč	7 447 322 Kč	10 801 219 Kč	14 255 732 Kč

Tab. 8.6: Zhodnocení návratnosti v šestém až desátém roce

Grafické znázornění návratnosti udává graf 8.7., který ovšem zobrazuje pouze 10 let provozu plynovodu.



Graf. 8.7: Zhodnocení za 10 let

9. Závěr

Cílem práce bylo posoudit spolupráci bioplynové stanice s obchodním centrem, které by pracovalo v ostrovním provozu. Bioplyn je velmi významný. Jak řekl Richard P. Feynman „stromy vznikly převážně ze vzduchu. Když je spálíme, vrátí se zpátky do vzduchu, přičemž se uvolní sálavé teplo, což je sálavé teplo Slunce, které bylo třeba, aby se vzduch přeměnil v dřevo stromů, trocha popela je pozůstatek části stromů která neměla původ ve vzduchu, ale v zemi“ .

První část se zabývala technologiemi bioplynu, kde jsou probrány jednotlivé technologie výroby bioplynu a jeho následné čištění.

Další část řešila obchodní centrum z pohledu dodávek jednotlivých energií, mezi které patří tepelná energie, elektrická energie a chlad. Ty byly podrobně popsány v grafech v závislosti na jednotlivých ročních obdobích.

Bioplyn se většinou zpracovává za pomoci kogeneračních jednotek, které byly v práci zhodnoceny. Byla posouzena výroba elektrické a tepelné energie za pomoci kogenerace. Bioplyn je možno zpracovávat i za pomoci trigenerace, které kromě výroby elektrické a tepelné energie, je i zdrojem chladu, který je významný pro chod obchodního centra.

Pátá kapitola řešila akumulaci bioplynu, kde byly posouzeny jednotlivé zásobníky bioplynu.

Při spolupráci bioplynové stanice s obchodním centrem v ostrovním provozu je nutno zaručit několik důležitých podmínek. Mezi hlavní podmínky patří rovnost mezi vyrobenou a spotřebovanou elektrickou energií. Na tepelnou energii a chlad není kladen takový důraz. Při výpadku elektrické energie nastávají větší problémy s výpadkem, než při výpadku tepelné energie.

Předposlední sedmá kapitola řeší jednotlivá možná řešení přepravy energie z bioplynové stanice do obchodního centra. Při návrhu takového řešení se setkáváme se třemi zásadními problémy. Prvním z nich je bezpečnost, kdy je nutno postavit bioplynovou stanici od obchodního centra se větší vzdáleností. Dalším z nich je doprava substrátu pro výrobu bioplynu, kdy je lepší soustředit bioplynovou stanici do místa zdroje tohoto substrátu. Tyto dva problémy lze vyřešit takovým způsobem, že postavíme bioplynovou stanici v místě zdroje surovin pro výrobu bioplynu. A právě tyto dva objekty vzájemně propojíme. Možnými variantami řešení problému je plynovod, virtuální plynovod, nebo teplovod s kombinací elektrického vedení.

Posledním ze zásadních problémů je velikost bioplynové stanice. Často se setkáváme s obchodními centry, kde se spotřeba jednotlivých energií pohybuje v jednotkách MW. Naopak výroba elektrické energie za pomoci bioplynové stanice se pohybuje řádově ve stovkách kW. Při vzájemném propojení bioplynové stanice s obchodním centrem nejsme schopni poskytnout veškerou dodávku tepelné a elektrické energie a jsme nuceni ji doplnit jiným zdrojem. Nejlépe tomu vyhovuje kogenerační jednotka, která by zpracovávala zemní plyn.

Při řešení návrhu bylo zvoleno několik parametrů a kritérií. Jedním z nich je množství vyrobeného plynu, které je $200 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a vzdálenost mezi bioplynovou stanicí a obchodním centrem jsou 4 km. Podmínkou je, že obchodní centrum bude využívat veškerou elektrickou a tepelnou energii vyrobenou z kogeneračních jednotek. Přeprava energie bude provedena plynovodem, teplovodem s kombinací s elektrickým vedením, a nebo virtuálním plynovodem. Jedním z hlavních cílů této práce bylo posoudit jednotlivé varianty.

Teplovod s elektrickým vedením vyžaduje potrubí s izolací, která bude mít malé tepelné ztráty a při přenosu elektrické energie je nutno zvýšit napětíovou hladinu ze 400 V na 6 kV z důvodu ztrát. Proto nepřipadá tato varianta v úvahu.

Dalším možným řešením je virtuální plynovod, kdy přepravujeme bioplyn v tlakových lahvích za pomoci tahače. Tato varianta je závislá na plynulém chodu jak výroby, tak i spotřeby.

Posledním z uvažovaných řešení připadá v úvahu plynovod, který se vyznačuje nízkými ztrátami spojenými s přepravou bioplynu. Právě pouze tato varianta přichází v úvahu.

Poslední část práce řeší ekonomické zhodnocení plynovodu, kde jsou řešeny jednotlivé investiční náklady, celkové náklady a výnosy. Při uvažování zvolených finančních nákladů je návratnost spočtena za 6 let.

Použitá literatura:

- [1] HEINZ, S., BARBARA, E., Bioplyn v praxi, HEL, 2004. 166 s.
- [2] HOJER, O., KOTRBATÝ, M., KOVÁŘOVÁ, Z., Hospodaření teplem v průmyslu, Praha, 2009. 270 s.
- [3] BROŽ, K., Vytápění, ČVUT, 1998. 205 s.
- [4] PAPEŽ, K., Technické zařízení budov – Větrání a klimatizace, ČVUT, 1994. 133 S.
- [5] KARAFIÁT, J., Centralizované zásobování chladem. 2005. Teplárenské sdružení ČR, 129 s.
- [6] Tedom. Kogenerace. [online, cit. 7. 4. 2013]. Dostupné z WWW: <http://kogenerace.tedom.com/>.
- [7] ČERNÝ, V., JANEBA, B., TEYSSLER, J. Parní kotle. 1 vyd. Praha: SNTL, 1983. 864 s.
- [8] BLAHOŽ, V., KADLEC, Z. Základy sdílení tepla. 2 vyd. Ostrava: Cicero, 2000. 110 s. ISBN 88-902001-1-7.
- [9] KRBK, J., POLESNÝ, B., Kogenerační jednotky malého výkonu v komunálních a průmyslových tepelných zdrojích. Skripta VUT Brno, 1997.
- [10] DLOUHÝ, T., Výpočty kotlů a spalinových výměníků. Skripta ČVUT Praha, 1999. ISBN 80-010235-5.
- [11] IBLER, Z. a kol. Technický průvodce energetika. Praha: BEN- technická literatura, 2002.
- [12] VORÁČEK, V. a kol. Energetické stroje. Skripta VŠB-TU Ostrava, 1990.
- [13] Czba. Využití bioplynu v dopravě. [online, cit. 7. 4. 2013]. Dostupné z WWW: http://www.czba.cz/files/ceska-bioplynova-asociace/uploads/files/19_VPBPS2011_zakovec.pdf.
- [14] Biom. Bioplynové stanice- podmínky a možnosti využití tepla. [online, cit. 7. 4. 2013]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-podminky-a-moznosti-vyuziti-tepla>.
- [15] Tedom. Kogenerační jednotky bioplyn. [online, cit. 7. 4. 2013]. Dostupné z WWW: <http://kogenerace.tedom.com/tedom-kogeneracni-jednotky-bioplyn.html>.
- [16] Gascontrolplast. Potrubí plynovodní. [online, cit. 7. 4. 2013]. Dostupné z WWW: <http://www.gascontrolplast.cz/potrubni-plynovodni.html>.
- [17] Cngvitall. Virtuální plynovod. [online, cit. 7. 4. 2013]. Dostupné z WWW: http://www.cngvitall.cz/sluzby/virtualni_plynovody.pdf.
- [18] Cngvitall. Virtuální plynovody. [online, cit. 7. 4. 2013]. Dostupné z WWW: <http://www.cngvitall.cz/sluzby/plynovody.php>.

Seznam grafů:

Graf. 7.1: Výhřevnost v závislosti na množství metanu	33
Graf. 7.2: Zhodnocení za 10 let.....	54

Seznam tabulek:

Tab. 2.1: Parametry bioplynu, ve srovnání s jinými významnými hořlavými plyny [1]	8
Tab. 7.1: Jednotlivé složky zadaného bioplynu	31
Tab. 7.2: Srovnání vypočtených hodnot bioplynu	34
Tab. 7.3: Dmýchadlo Kubíček VHS 3D28B-040	36
Tab. 7.4: Kogenerační jednotka typu CENTO T120	37
Tab. 7.5: Kogenerační jednotka typu QUANTO D400	37
Tab. 7.6: Technické parametry trajler 114x148L.....	47
Tab. 7.7: Měsíční náklady spojené s provozem virtuálního plynovodu.....	50
Tab. 8.1: Jednotlivé investiční náklady.....	52
Tab. 8.2: Jednotlivé fixní náklady.....	52
Tab. 8.3: Náklady za palivo	52
Tab. 8.4: Jednotlivé výnosy	53
Tab. 8.5: Zhodnocení návratnosti v prvních pěti letech.....	53
Tab. 8.6: Zhodnocení návratnosti v šestém až desátém roce	54

Seznam obrázků:

Obr. 2.1: Fáze procesu vyhnívání	4
Obr. 2.2: Rozdělení organického odpadu na aerobní a anaerobní zpracování	8
Obr. 2.3: Schématický přehled bioplynových technologií	10
Obr. 3.1: Průběh denní spotřeby tepelné energie pro OC v jednotlivých ročních obdobích.....	16
Obr. 3.2: Průběh denní spotřeby elektrické energie pro OC	17
Obr. 3.3: Průběh denní spotřeby chladu pro OC v jednotlivých ročních obdobích	18
Obr. 3.4: Schéma kompresorového chladicího oběhu.....	20
Obr. 3.5: Schéma absorpčního chladicího oběhu.....	21
Obr. 4.1: Schéma kogenerační jednotka	23
Obr. 4.2: Schéma kogenerační jednotky doplněné o absorpční jednotku na výrobu chladu.....	24
Obr. 5.1: Nízkotlaké zásobníky.....	25
Obr. 6.1: Energetická bilance ostrovního provozu.....	26
Obr. 7.1: Teplovodní síť a elektrické vedení	30
Obr. 7.2: Plynovod	30
Obr. 7.3: Virtuální plynovod.....	30
Obr. 7.4: Řez potrubím	43
Obr. 7.5: Trajlerový vůz 114x148L	47
Obr. 7.6: Simulace přepravy zásobníku a jeho změny v závislosti na čase	49